การพัฒนาและเสริมคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยใช้สารสกัดจากขิง

Development and value-added of ice cream products by using ginger extracts

ณัฐดนัย ปทุมานนท์
ธนาภรณ์ โพธิ์พิทักษ์กุล
นันทนา โกรัตนะ
ศุภวัทน์ เอี่ยมสอาด

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาและเสริมคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยใช้สารสกัดจากขิง

Development and value-added of ice cream products by using ginger extracts

T148846

ณัฐดนัย ปทุมานนท์

ธนาภรณ์ โพธิ์พิทักษ์กุล

นันทนา โกรัตนะ

ศุภวัทน์ เอี่ยมสอาด

ระพส.
เลขทะเบียน 148846
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ย. 2560

b 12871355
l

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาและเสริมคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยใช้สารสกัดจากขิง

Development and value-added of ice cream products by using ginger extracts

จัดทำโดย

ณัฐดนัย ปทุมานนท์ รหัสนักศึกษา 55080158

ธนาภรณ์ โพธิ์พิทักษ์กุล รหัสนักศึกษา 55080162

นันทนา โกรัตนะ รหัสนักศึกษา 55080168

ศุภวัทน์ เอี่ยมสอาด รหัสนักศึกษา 55080200

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ประมวล ศรีกาหลง ..... 25 / พ.ค. / 2559

(ผศ.ดร. ประมวล ศรีกาหลง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การพัฒนาและเสริมคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยใช้สารสกัดจากขิง

ชื่อนักศึกษา ณัฐดนัย ปทุมานนท์ รหัสนักศึกษา 55080158
ธนาภรณ์ โพธิ์พิทักษ์กุล รหัสนักศึกษา 55080162
นันทนา โกรัตนะ รหัสนักศึกษา 55080168
ศุภวัทน์ เอี่ยมสอาด รหัสนักศึกษา 55080200

หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและเสริมคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยใช้สารสกัดจากขิง โดยใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 และวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 มีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิก 100.79±6.06 มิลลิกรัม ต่อ กรัมของตัวอย่าง ซึ่งมากกว่าสารสกัดที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ไปทำการ Encapsulation โดยใช้ มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) DE:20 และทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของการทำแห้งมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และพบว่าที่อุณหภูมิขาเข้า 180 องศาเซลเซียส มีสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดเหลืออยู่ในปริมาณที่สูงกว่าสารสกัดที่ได้จากอุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส เนื่องจากอาจเกิดการสังเคราะห์ของสารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) ที่อุณหภูมิสูงโดยพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด เท่ากับ 83.69±2.87 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวอย่าง และศึกษาการใช้สารเพิ่มความคงตัว 3 ชนิดในไอศกรีม ได้แก่ คาราจีแนน กัวกัม และโลคัสบีนกัม พบว่าค่าการละลายของโลคัสบีนกัม มีค่าต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 60.39±5.14 และพบว่าค่าการขึ้นฟูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และเมื่อทำการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 มีคะแนนความชอบของผู้บริโภคสูงที่สุด

คำสำคัญ: ขิง การทำแห้งแบบพ่นฝอย มอลโตเด็กซ์ตริน สารประกอบฟีนอร์ลิก สารเพิ่มความคงตัว ไอศกรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Development and value-added of ice cream products by using ginger extracts	
Student name	Nutdhanai Pathumanont	Student ID 55080158
	Thanaporn Phopithakkun	Student ID 55080162
	Nuntana Korattana	Student ID 55080168
	Suppawat Eiamsa-ard	Student ID 55080200
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2016	
Advisor	Assist.Prof.Dr.Promoun Srikalong	

ABSTRACT

This research is the development and value-addedof ice cream products by using ginger extracts. Total polyphenol content (TPC) analysis of solvent extraction with 70% Ethanol and 80% Ethanol was determined by Folin-Ciocalteau method. The result exhibited that 80% Ethanol extracts gave higher TPC (100.79±6.06 mg/g of sample) significantly than 70% Ethanol extracts ($P<0.05$). Then do the encapsulation by mixed 80% Ethanol extracts with maltodextrin DE:20 and Spray drying at two different conditions with spray dryer. The result exhibited that inlet air temperature at 180 °C gave higher TPC (83.69±2.87 mg/g of sample) remain in ginger extracted powder than inlet air temperature at 160 °C because of the synthesis of polyphenol compounds at high temperature process. Then the use of 3 stabilizers in ice cream including carrageenan, guar gum and locust bean gum found that locust bean gum gave the lowest of melting percentage (60.39±5.14%) and overrun percentage of control, carrageenan, guar gum and locust bean gum are not significant ($P>0.05$) in every stabilizers. Sensory evaluation of coffee ice cream with ginger extracted powder at 0.05% concentration exhibited the highest score of consumers.

Keywords: Ginger Spray drying Maltodextrin Phenolic compounds Stabilizers Ice cream

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปัญหาพิเศษ รวมทั้งคอยดูแลเอาใจใส่ให้คำแนะนำในการทำวิจัย ตลอดจนให้ความรู้ ข้อคิดเห็น ตรวจสอบแก้ไขเล่มปัญหาพิเศษ และให้คำปรึกษาต่างๆ แก่ผู้เขียนจนสามารถทำงานวิจัย และจัดทำเล่มปัญหาพิเศษได้จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์จิราภรณ์ สิริสัณห์ และอาจารย์ถิรเดช ดำรงโภวรรณ ที่ให้เกียรติมาเป็นกรรมการในการสอบโครงร่างปัญหาพิเศษ และวิชาปัญหาพิเศษ พร้อมให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และตรวจสอบแก้ไขเล่มปัญหาพิเศษให้เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร และ ผศ.ดร.วริพัสย์ อารีกุล ที่ให้ความรู้ และคำแนะนำอันเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณณรงค์ ด่านวิเศษกาญจน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ ตลอดจนให้ข้อคิด มุมมอง และแนวทางอันเป็นประโยชน์แก่ผู้เขียนในการศึกษา ค้นคว้า จัดทำเล่มปัญหาพิเศษจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ครอบครัวปทุมานนท์ ครอบครัวโพธิ์พิทักษ์กุล ครอบครัวโกรัตนะ และครอบครัวเอี่ยมสอาด รวมทั้งเพื่อน และรุ่นพี่คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด

ท้ายสุดนี้ ผู้เขียนหวังว่าเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ

ณัฐดนัย ปทุมานนท์
ธนาภรณ์ โพธิ์พิทักษ์กุล
นันทนา โกรัตนะ
ศุภวัทน์ เอี่ยมสอาด
17 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 สมุนไพร และเครื่องเทศ 6

2.2 ขิง 6

2.3 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในขิง 9

2.4 สารประกอบฟีนอร์ลิก 15

2.5 สารทางพฤกษศาสตร์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 21

2.6 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของขิง 26

2.7 กระบวนการห่อหุ้มสาร (Encapsulation) 26

2.8 สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) 38

2.9 ไอศกรีม 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 45

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 45

3.2 อุปกรณ์ 45

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 46

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 51

4.1 ผลของการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารประกอบในขิงที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 51

4.2 ผลของการศึกษาอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่ 160 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของการสกัดที่ทำ Encapsulation 53

4.3 ผลของการศึกษาสารเพิ่มความคงตัว กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม ที่มีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีม 56

4.4 ผลของการศึกษาสารเพิ่มความคงตัว กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัมที่มีผลต่อการละลายของไอศกรีม 58

4.5 ผลการศึกษาการทดสอบความชอบไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 0.25 ของขิงสกัดผง 60

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 67

บรรณานุกรม 69

ภาคผนวก 80

ภาคผนวก ก การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี 81

ภาคผนวก ข การตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ 85

ภาคผนวก ค การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส 88

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ 89

ภาคผนวก จ เครื่องมือ อุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้ 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ การคำนวณผลการทดลอง 102

ประวัติผู้เขียน 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของขิง (ต่อ 100 กรัม) 7

2.2 องค์ประกอบที่สามารถระบุได้ในน้ำมันขิง 11

2.3 คุณลักษณะเฉพาะของสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) แต่ละชนิด ที่ใช้ใน
การทำ Encapsulation 30

2.4 ส่วนผสมพื้นฐานในไอศกรีมในอุตสาหกรรมทั่วไป 40

4.1 Melting Percentage of Ice cream with three different stabilizers at 40 min 57

ก.1 วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน 82

ก.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก
(มิลลิกรัมต่อลิตร) กับค่า ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร 84

ง.1 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในสารสกัดขิง
ด้วยสารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 89

ง.2 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในสารสกัดขิงด้วย
สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 และสารสกัดที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า
160 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส 89

ง.3 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการขึ้นฟูของไอศกรีมที่ใช้คาราจีแนน กัวกัม และโลคัสบีนกัม
เป็นสารเพิ่มความคงตัว 89

ง.4 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการละลายของไอศกรีมที่ใช้คาราจีแนน กัวกัม
และโลคัสบีนกัมเป็นสารเพิ่มความคงตัว 90

ง.5 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านสีของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีม
กาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 90

ง.6 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านกลิ่นขิงของผู้บริโภคที่มีต่อ
ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.7 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านรสขมของผู้บริโภคที่มีต่อ
ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 91
ง.8 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านความเผ็ดของผู้บริโภคที่มีต่อ
ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 92
ง.9 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อ
ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 92
ง.10 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบทั้งหมดของผู้บริโภคที่มีต่อ
ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างของ sesquiterpene ทั่วไป 12
2.2 ภาพตัดขวางส่วนของเนื้อเยื่อของเหง้าขิงสดแสดงตำแหน่งของน้ำมันภายในขิง 13
2.3 ภาพตัดขวางส่วนของเนื้อเยื่อของเหง้าขิงแห้งแสดงตำแหน่งของน้ำมันภายในขิง 14
2.4 ภาพตัดขวางส่วนของเนื้อเยื่อของเหง้าขิงแห้งแสดงตำแหน่งของน้ำมันภายในขิง 15
2.5 ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของกรด hydroxybenzoic (a) และกรด hydroxycinnamic (b) 17
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ 17
2.7 โครงสร้างโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ 18
2.8 แผนผังกลยุทธ์การสกัด หรือผลิต และกลไกการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอร์ลิก 19
2.9 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบหลักในขิง 23
2.10 โครงสร้าง และความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบหลักที่ให้กลิ่นฉุนของขิง 25
2.11 วิธีการทำ Encapsulation ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย 32
2.12 วิธีการทำ Encapsulation ด้วยวิธีการ Spray chilling หรือ Spray cooling 33
2.13 วิธีการทำ Encapsulation ด้วยวิธีการ Fluid bed coating หรือ Air suspension coating 34
2.14 ขั้นตอนการผสมไอศกรีม 41
2.15 ขั้นตอนในการแช่แข็งไอศกรีม 42
4.1 Total polyphenol content of crude ginger extracts by Folin-Ciocalteau method 51
4.2 Total polyphenol content of crude ginger extracts and spray-dried ginger extracts with two different inlet temperatures by Folin-Ciocalteau method 53
4.3 Overrun percentage of ice cream with three different stabilizers 56
4.4 Melting Percentage of Ice cream with three different stabilizers 58
4.5 Sensory evaluation of color on ginger ice cream by 9-point hedonic scale 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.6 Sensory evaluation of ginger odor on ginger ice cream by 9-point hedonic scale 61

4.7 Sensory evaluation of bitter on ginger ice cream by 9-point hedonic scale 62

4.8 Sensory evaluation of spicy on ginger ice cream by 9-point hedonic scale 63

4.9 Sensory evaluation of texture on ginger ice cream by 9-point hedonic scale 64

4.10 Sensory evaluation of overall preference on ginger ice cream by 9-point hedonic scale 65

ก.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร 84

ข.1 ไอศกรีมก่อนปั่น และแช่แข็ง 85

ข.2 ไอศกรีมขณะปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม 86

ข.3 การศึกษาการละลายของไอศกรีม 87

จ.1 เครื่องเขย่า (Mechanical shaker) 94

จ.2 เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (Centrifuge) 94

จ.3 กระดาษกรอง Whatman no.1 95

จ.4 ชุดเครื่องกรองสุญญากาศ 95

จ.5 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) 96

จ.6 เครื่อง UV-Vis spectrophotometer 96

จ.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง 97

จ.8 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง 97

จ.9 เครื่องผสมสาร (Vortex mixer) 98

จ.10 เครื่อง Homogenizer 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

จ.11 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) 99

จ.12 เครื่องทำไอศกรีม 99

จ.13 ตู้เย็น 100

จ.14 ตู้แช่แข็ง 100

จ.15 สารสกัดจากขิง หรือน้ำมันชัน (Oleoresin) 101

จ.16 ขิงสกัดผง หรือขิงที่ผ่านการ Encapsulation 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารพฤกษเคมีที่มาจากธรรมชาติ เช่น พืช ผลไม้ และเครื่องเทศ มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร และยา เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในอาหาร และมีผลต่อการส่งเสริมสุขภาพ (Yeh และคณะ, 2014) จึงถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพิ่มมากขึ้น (Nagendra chari และคณะ, 2013) ซึ่งเครื่องเทศที่ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร คือ ขิง เป็นเครื่องเทศพื้นบ้านที่พบได้ในเขตร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Evans, 1989) ในส่วนของเหง้าขิงประกอบด้วยสารประกอบที่ให้กลิ่นรส และกลิ่นฉุนซึ่งขึ้นอยู่กับน้ำมันหอมระเหย และน้ำมันชันขิงที่สามารถสกัดได้จากเหง้าของขิง (Singh และคณะ, 2008) และสารสกัดจากขิงนั้นประกอบด้วยสารประกอบฟีนอร์ลิก และอนุพันธ์ ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยสารประกอบหลักทางชีวภาพของขิง ได้แก่ 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol และ 6-shogaol (Shukla และSingh, 2007) ซึ่งสามารถใช้ในการรักษาอาการผิดปกติต่างๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางการแพทย์ เช่น การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ การต่อต้านสารอนุมูลอิสระ การยับยั้งการอักเสบ การต่อต้านมะเร็ง และยังมีคุณลักษณะของกลิ่นรสเฉพาะ (Nile และPark, 2015) นอกจากนี้ขิงยังสามารถช่วยในเรื่องของการลดระดับคลอเรสเตอรอล โดยการลดการดูดซับคลอเรสเตอรอลในเลือด และในตับ (Bhandari และคณะ, 1998) และพบว่าสารประกอบกลุ่ม gingerols เหล่านี้ไม่ทนความร้อน จึงสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบกลุ่ม shogaols ได้ที่อุณหภูมิสูง (Wohlmuth และคณะ, 2005) ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลาย ซึ่งไม่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อรักษาสารประกอบเหล่านี้ให้คงอยู่ และใช้วิธีห่อหุ้มสารประกอบที่สำคัญในขิงด้วยวิธีการ Encapsulation

Encapsulation ได้รับการนิยามว่า เป็นกระบวนการยึดจับหรือห่อหุ้มสารตัวหนึ่ง (active agent) ด้วยสารชนิดอื่นๆ (wall material) ซึ่งสารที่ถูกเคลือบ (ยกเว้น active agent) จะเรียกว่า core, fill, active, internal และ payload phase และสารที่นำมาเคลือบ จะเรียกว่า coating, membrane, shell, capsule, carrier material, external phase และ matrix (Wandrey และคณะ, 2009; Zuidam และNedovic, 2009) Encapsulation แสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่สามารถพัฒนาไปในทางที่ดีเกี่ยวกับการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงและผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมอาหาร (Sekhon, 2010) ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมอาหาร กระบวนการ Encapsulation สามารถใช้ได้กับหลากหลายแนวทาง Encapsulation เป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งผ่านสารชีวโมเลกุล (เช่น antioxidants, minerals, vitamins, phytosterols, lutein, fatty acids, lycopene) และเซลล์ที่มีชีวิต (เช่น probiotics) ไปยังอาหาร (Wandrey และคณะ, 2009; Zuidam และNedovic, 2009; Vos และคณะ, 2010) Encapsulation ยังได้นิยามว่าเป็นเทคโนโลยีที่บรรจุของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ลงใน capsule ซึ่งจะปล่อยสารได้ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น และภายใต้เงื่อนไขเฉพาะเจาะจง (Desai และPark, 2005) ซึ่งอนุภาคของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค จากนาโนเมตร ไปจนถึงมิลลิเมตร (Wandrey และคณะ, 2009; Zuidam และ Nedovic, 2009) นอกจากนี้ วัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้ม (Encapsulation) จะถูกเก็บรักษา และนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ซึ่งอายุการใช้งานจะเพิ่มมากขึ้น (Shahidi และHan, 1993)

การทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นหนึ่งในเทคนิคการทำ Encapsulation ที่เก่าแก่ที่สุด และถูกใช้อย่างกว้างขวาง ในภาคอุตสาหกรรมทางอาหาร การทำแห้งแบบพ่นฝอย มีความยืดหยุ่น ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และที่สำคัญคือการดำเนินการเป็นไปอย่างประหยัด การทำแห้งแบบพ่นฝอย ทำให้เกิดอนุภาคที่มีคุณภาพโดยมีขนาดเพียงแค่ 40 ไมโครเมตรเท่านั้น (Zuidam และคณะ, 2009) การทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคการทำ Encapsulation ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกลุ่มสารที่นำมาใช้ เทคโนโลยีนี้จะทำให้การลอยตัวของอนุภาคในของเหลวกลายเป็นผงที่มีอนุภาคขนาดเล็กประกอบด้วย wall material และ core

มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) เป็นส่วนหนึ่งของ wall material ซึ่งใช้เป็นตัวยึดจับหรือห่อหุ้ม ในการป้องกัน core (Desai และPark, 2005; Jafari และคณะ, 2008) โดยที่ Maltodextrin ถูกใช้โดยทั่วไปเพื่อเป็น wall material ใน การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Burin และคณะ, 2011; Ersus และYurdagel, 2007; Kha และคณะ, 2010; Loksuwan, 2007) เพราะสามารถละลายน้ำได้เป็นอย่างดี มีความเหนียวน้อย ปริมาณน้ำตาลต่ำ ราคาไม่สูงมาก และเป็นสารละลายที่ไม่มีสี ด้วยคุณสมบัติทั้งหมดนี้ ทำให้ Maltodextrin เป็นที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมอาหาร (Robert และคณะ, 2010)

โดยทั่วไปแล้วไอศกรีมมักจะมีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในปริมาณที่ต่ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหลักการของ Encapsulation มาประยุกต์ใช้กับขิงเพื่อทำให้สารต้านอนุมูลอิสระ และสารอื่นๆที่มีประโยชน์ในขิงยังคงอยู่ และนำมาพัฒนาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในไอศกรีมให้มีปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (Sun-Waterhouse และคณะ, 2013)

โครงสร้างของไอศกรีม ประกอบด้วย เม็ดไขมัน เกล็ดน้ำแข็ง ฟองอากาศ สารคอลลอยด์โปรตีน และ serum phase ซึ่งประกอบด้วยส่วนของน้ำที่ไม่แข็งตัว น้ำตาล โปรตีน เกลือ (Daw และHartel, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอศกรีมโดยส่วนใหญ่แล้วมีส่วนประกอบดังนี้ นม น้ำตาล หรือสารให้ความหวาน น้ำ สารให้กลิ่นรส สี สารเพิ่มความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ (Sun-Waterhouse และคณะ, 2013; Cruz และคณะ, 2009)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 พ.ศ.2556 ได้กำหนดให้ไอศกรีมเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ไอศกรีมแบ่งเป็น 5 ชนิด

1) ไอศกรีมนม ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้นมหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม

2) ไอศกรีมดัดแปลง ได้แก่ ไอศกรีมนม ที่ทำขึ้นโดยใช้ไขมันชนิดอื่นแทนมันเนยทั้งหมดหรือแต่บางส่วน หรือไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันแต่ผลิตภัณฑ์นั้นมิใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม

3) ไอศกรีมผสม ได้แก่ ไอศกรีมนมหรือไอศกรีมดัดแปลงแล้วแต่กรณี ซึ่งมีผลไม้หรือวัตถุอื่นที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมด้วย

4) ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสม ชนิดเหลว หรือแห้ง หรือผง

5) ไอศกรีมหวานเย็น ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้น้ำ และน้ำตาล หรืออาจมีวัตถุอื่นที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย

ไอศกรีมดังกล่าวอาจใส่วัตถุแต่งกลิ่น รส และสีด้วยก็ได้

นอกจากนี้ ไอศกรีมยังสามารถแบ่งได้หลายประเภท เช่น ไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันลดลง ปริมาณไขมันต่ำ ไม่มีไขมัน เชอร์เบต นอกจากนี้ไอศกรีมยังเป็นที่นิยมของทั้ง เด็ก วัยรุ่น วัยทำงาน รวมถึงกลุ่มผู้สูงอายุ เนื่องจาก ไอศกรีมนั้นเพิ่มความสดชื่นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน (Cruz, 2009)

ในสภาพอากาศที่อุณหภูมิสูงในประเทศไทย ไอศกรีมจะมีการละลายมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญที่จะพัฒนาไอศกรีมให้มีความคงตัวมากขึ้นเพื่อลดการละลายของไอศกรีมลงโดยศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ Stabilizer

ในระหว่างการเก็บรักษาเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสามารถเกิดขึ้นต่อโครงสร้างของไอศกรีมทำให้สูญเสียคุณภาพ ข้อบกพร่องของเนื้อสัมผัสแบบปกติประกอบด้วยการเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นใหม่ การเกิดผลึกน้ำแข็งของแลกโตส และการหดตัว กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นใหม่ สารที่ทำให้คงตัวมีความสำคัญเป็นพิเศษ (Goff และHartel, 2004) กลไกที่สารที่ทำให้คงตัวมีผลต่อการแช่แข็งหรือขีดจำกัดการเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นใหม่ (Parvar และTehrani, 2011)

การยอมรับไอศกรีมโดยผู้บริโภคส่วนใหญ่รับรู้โดยเนื้อสัมผัส และรสชาติ (Soukoulis, Chandrinos และTzia, 2008) การเกิดผลึกน้ำแข็ง และความมั่นคงของผลึกน้ำแข็งมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาไอศกรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Lewis, 2007) ความละมุนของเนื้อสัมผัส และการรับรู้ความรู้สึกเย็นของผู้บริโภคต่อการรับประทานไอศกรีมต่อหนึ่งขนาด จำนวน และรูปร่างโดยผลึกที่ปรากฏในผลิตภัณฑ์ และอาจจะให้เป็นโดยไอศกรีมจะต้องมีคุณสมบัติการไหลที่ดี (Dogan และKayacier, 2007; Hartel, 1996) ไฮโดรคอลลอยด์ด้วย 2 คุณสมบัติสำคัญ การทำงานรวมทั้งการทำข้น และ cryo-protection มีส่วนร่วมอย่างมากในการพัฒนาของเนื้อสัมผัสไอศกรีมนอกเหนือจากการเพิ่มของความคงตัวใต้สภาพการเก็บรักษา (Soukoulis และคณะ, 2008)

ในเชิงพาณิชย์ การผสมสารที่ทำให้คงตัวหรือสารอิมัลซิไฟเออร์ ใช้โดยทั่วๆ ไปของผู้ผลิตไอศกรีม (Marshall และคณะ, 2003) การประยุกต์หาส่วนผสมเหล่านี้เนื่องจากลักษณะเฉพาะของแต่ละสารที่ทำให้คงตัวตลอดจนเสริมประสิทธิภาพระหว่างความเหนียว การรวมทำงานปฏิสัมพันธ์ของโพลิเมอร์เหล่านี้มีประโยชน์ในการลดค่าใช้จ่าย (Parvar และTahrani, 2011)

สารเพิ่มความคงตัวยังต้องมีความสะอาด รสชาติเป็นกลาง และผสมได้กับไอศกรีมรสอื่นๆ นำไปสู่การสนับสนุนการละลายที่ยอมรับของไอศครีม และให้เนื้อสัมผัสที่น่าพอใจเมื่อการบริโภค (Goff และคณะ, 1996) สารเพิ่มความคงตัวที่ดีควรปลอดสารพิษ กระจายได้ดีในการผสม ไม่หนืดมากเกินไป แยกกัน หรือเกิดโฟมในการผสม ไม่อุดตันกรอง และตัวกรอง ให้ไอศกรีมมีการละลายที่ดี และไม่มีรสชาติ (Kilarac และคณะ, 2008) การใช้คาราจีแนนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะมีคุณสมบัติ ทำให้ส่วนผสมของไอศกรีมมีความข้นหนืดสูง และการป้องกันการตกตะกอนของเวย์โปรตีน และการแยกตัวของของเหลว (syneresis) คาราจีแนนจะทำปฏิกิริยากับโปรตีน (Kilara และคณะ, 2008) การใช้โลคัสบีนกัมตามเหตุผลที่รายงานมา โลคัสบีนกัมเป็นกัมในอุดมคติของสารเพิ่มความคงตัวในไอศกรีม (Glicksman, 1986; Goff และคณะ, 1999) และกัวกัมเป็นสารเพิ่มความคงตัวที่ราคาถูก และลดการเกิดผลกระทบที่ไม่ต้องการจากการให้ความร้อนกับไอศกรีม โดยกัวกัมกระจายได้เต็มที่และไม่ทำให้ความหนืดมากเกินไปในการผสม เพราะฉะนั้นกัวกัมคือสารที่ถือว่าเป็นสารเพิ่มความคงตัวที่มีความทนทาน (Kilara และคณะ, 2008) จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นจึงเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่สกัดด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน

1.2.2 ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่ทำ Encapsulation ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้าที่แตกต่างกัน

1.2.3 ศึกษาสารเพิ่มความคงตัวที่มีผลต่อการขึ้นฟู และการละลายของไอศกรีม

1.2.4 ศึกษาความชอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อไอศกรีมที่ใส่ขิงที่ทำ Encapsulation ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้สารละลายที่เหมาะสมกับการสกัดสารประกอบที่สำคัญในขิง

1.3.2 ได้ทราบถึงปริมาณของสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในขิงที่สกัดได้และขิงที่ทำ Encapsulation ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

1.3.3 ได้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในรูปแบบใหม่ที่ปรับปรุงคุณภาพโดยการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมุนไพร และเครื่องเทศ

สมุนไพร และเครื่องเทศ มีการตรวจสอบพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการต่อต้านโรคบางอย่าง และมีความปลอดภัย (Larger, 1998) และมีการนำมาใช้งานเพื่อเพิ่มกลิ่นรส สี และกลิ่นของอาหาร โดยมีการทดลองทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ และคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระของเครื่องเทศ สมุนไพร และองค์ประกอบภายในต่างๆ จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำไปใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา (Neilsen และRios, 2000) และพบว่ามีคุณค่าทางด้านยาที่หลากหลาย (Wood และคณะ, 2001) โดย Larger (1998) พบว่ากว่าร้อยละ 80 ของประชากรทั่วโลกมีการเตรียมพืช หรือทางพฤกษศาสตร์เป็นยาเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการด้านสุขภาพ

2.2 ขิง

Zingiber officinale Roscoe เป็นชื่อทางวิทยาศาสตร์ของขิงซึ่งจัดเป็นพืชในตระกูล Zingineraceae และเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปเอเชีย เช่น อินเดีย หรือจีนทางตอนใต้ เนื่องจากเหง้าขิงนั้นมีกลิ่นหอม และใช้เป็นพืชทางยากันอย่างกว้างขวาง (Elzebroek และWind, 2008) ซึ่งมีการนำมาใช้เป็นเครื่องเทศมากกว่า 2000 ปีมาแล้ว (Bartley และJacobs, 2000) และพบว่าถูกใช้อย่างแพร่หลายทั้งในรูปแบบขิงสด และขิงแห้ง โดยพบว่าผลผลิตของขิงในปี 2009 ถึง 2010 ประเทศอินเดียมีการผลิตขิงถึง 708,250 ตัน (Spices Board of India, 2012) ขิงในทางการค้าจะมีรูปร่างลักษณะเป็นเหง้าหนา และมักปลูกตามธรรมชาติที่ warm tropical climates ที่ทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Evans, 1989) โดยที่ขิงสดประกอบด้วยน้ำร้อยละ 85 ถึง 95 จึงทำให้ถูกทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและการเสื่อมสภาพเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี (Mishra และคณะ, 2004)

องค์ประกอบทางโภชนาการในขิง Adel และPrakash (2010) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขิง ได้ผลดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของขิง (ต่อ 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	ค่าที่ได้	ส่วนประกอบ	ค่าที่ได้
ความชื้น	15.02±0.04	เถ้า (กรัม)	3.85±0.61(4.53)
โปรตีน (กรัม)	5.087±0.09(5.98)	แคลเซียม (มิลลิกรัม)	88.4±0.97(104.52)
ไขมัน (กรัม)	3.72±0.03(4.37)	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	174±1.2(204.75)
ใยอาหารที่ไม่ละลาย (%)	23.5±0.06(27.65)	เหล็ก (มิลลิกรัม)	8.0±0.2(9.41)
ใยอาหารที่ละลายได้ (%)	25.5±0.04(30.0)	สังกะสี (มิลลิกรัม)	0.92±0(1.08)
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	38.35±0.1	ทองแดง (มิลลิกรัม)	0.545±0.002(0.641)
วิตามิน ซี (มิลลิกรัม)	9.33±0.08(10.97)	แมงกานีส (มิลลิกรัม)	9.13±0.01(10.74)
แคโรทีนอยด์ทั้งหมด (มิลลิกรัม)	79±0.2(9296)	โครเมียม (มิลลิกรัม)	70±0(83.37)

ค่าทุกค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=4)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Adel และPrakash (2010)

ขิง เป็นสมุนไพรทางยาที่มีความปลอดภัย โดยพบว่ามีผลกระทบข้างเคียงต่อสุขภาพเพียงเล็กน้อย และไม่มีนัยสำคัญ โดยสีเหลืองที่แตกต่างกัน ความฉุน รวมทั้งกลิ่นหอมของเหง้าขิง แสดงถึงแหล่งของน้ำมันชัน และน้ำมันหอยระเหยที่มีอยู่ในขิง น้ำมันชันประกอบด้วยสารประกอบฟีนอร์สิกหลักซึ่งพบว่ามีปริมาณน้ำมันชันอยู่ร้อยละ 5 ถึง 8 ของน้ำหนักขิงแห้ง (Zarate และYeoman, 1996) และน้ำมันหอมระเหยที่ผลิตจากเหง้าขิง มีสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองอำพัน และมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 1.5 ถึง 3 ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของการเก็บเกี่ยว (Rani, 1999) โดยที่ทั้งน้ำมันชัน และน้ำมันหอมระเหยมีการใช้อย่างแพร่หลาย และหลากหลายในทั้งอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์ทางยาหลายชนิด

2.2.1 คุณลักษณะของขิง (จันทร์เพ็ญ, 2549)

ขิงมีลักษณะลำต้นอยู่เหนือดิน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าลำต้นเทียม ส่วนใบ และดอกของขิงมีลักษณะคล้ายคลึงกันมากในทุกสายพันธุ์ จึงทำให้ยากต่อการที่จะแยกชนิด พันธุ์ หรือบอกความแตกต่างของขิงแต่ละสายพันธุ์ได้ยาก โดยส่วนใหญ่แล้วจะดูความแตกต่างของขิงแต่ละสายพันธุ์จากลักษณะสีของเหง้าขิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสีของเหง้าขิง แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ปรากฏเป็นสีม่วงปนแดง หรือสีม่วงปนน้ำเงินบริเวณใต้เซลล์ผิว

กลุ่มที่ 2 ไม่มีสี หรืออาจมีสีเหลืองอ่อนบริเวณใต้เซลล์ผิว

2.2.2 ชนิดของขิง (อรรถพล, 2544)

ขิงที่ปลูกกันในปัจจุบันมีความแตกต่างกันที่ลักษณะสีของเหง้าขิงที่ได้กล่าวมาข้างต้น และมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก ประกอบด้วย

ขิงจาไมก้า มีลักษณะของเหง้าขิงเป็นรูปร่างแบบคล้ายนิ้วมือ บริเวณผิวของเหง้าขิงมีสีเหลืองอ่อน เหลืองอมน้ำตาล ไปจนถึงเหลืองส้ม ให้กลิ่นรสที่ดี และมีกลิ่นหอม พบว่าเป็นขิงพันธุ์ที่ดี และมีคุณภาพดีที่สุดในบรรดาขิงสายพันธุ์ต่างๆ ทั่วโลก

ขิงอินเดีย พบว่ามีปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นมะนาวในปริมาณที่สูงกว่าขิงจาไมก้า ส่งผลให้ขิงอินเดียนั้นมีกลิ่นที่หอมกว่า ให้กลิ่นได้ดีกว่า แต่ว่ามีความเผ็ดเท่ากับขิงจาไมก้า และพบว่าเป็นขิงที่มีปริมาณแป้งสูง ประกอบด้วย 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ขิงโคชิน มีลักษณะเปลือกเป็นสีน้ำตาลอ่อน และขิงคาลิกัต เมื่อลอกเปลือกออกแล้วพบว่ามีสีส้ม ถึงน้ำตาลแดง โดยพบว่าขิงโคชิน เป็นขิงที่ดีที่สุดในประเทศอินเดีย

ขิงแอฟริกา มีลักษณะเป็นเส้นใยมาก เนื้อด้านในมีสีเหลืองอ่อน เปลือกเป็นสีน้ำตาลเทา ซึ่งมีสีเข้มกว่าขิงโคชินของอินเดีย และพบว่ามีขนาดเล็กกว่าขิงจาไมก้ามีกลิ่นหอมแรง มีคุณสมบัติทางยาเหมือนกับขิงจาไมก้า แต่รสชาติด้อยกว่าขิงจาไมก้า

ขิงจีน มีลักษณะเป็นเหง้าสีขาว ไม่มีเส้นใย อาจกล่าวได้ว่ามีลักษณะคล้ายขิงอ่อน กลิ่นหอมน้อยกว่าขิงจาไมก้า แต่ไม่เหมาะที่จะนำมาทำยารักษาโรค

ขิงญี่ปุ่น มีลักษณะที่เปราะ แตกหักง่าย มีขนาดเล็ก มีเส้นใยน้อย ผิวด้านนอกมีสีขาว ส่วนเนื้อด้านในมีสีเหลืองอ่อน ถึงสีน้ำตาลอ่อน ให้กลิ่นหอมฉุน และมีรสเผ็ด

ขิงไทย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท

1. ขิงใหญ่ มีชื่อเรียกอื่นๆ อีก เช่น ขิงหยวก หรือขิงขาว มีลักษณะเป็นเหง้าใหญ่ ข้อห่าง เนื้อละเอียด รสชาติไม่เผ็ด เนื้อด้านในไม่มีสี หรือมีสีเหลืองระเรื่อ เมื่อเจริญเติบโตจะให้ลักษณะที่แตกต่างจากขิงเล็ก คือ ปลายใบจะป้านมากกว่า แต่ลำต้นจะสูงกว่าขิงเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขิงอ่อน จะมีอายุประมาณ 4 ถึง 6 เดือน ส่วนขิงแก่ จะมีอายุประมาณ 8 ถึง 12 เดือน ขึ้นอยู่กับการเก็บเกี่ยว

2. ขิงเล็ก มีชื่อเรียกอื่นๆ อีก เช่น ขิงเผ็ด หรือขิงดำ มีลักษณะเป็นเหง้าสั้น ข้อถี่ เนื้อมีเสี้ยนมาก รสชาติเผ็ด เนื้อด้านในมีสีน้ำเงินปนเขียว หรือสีแดงระเรื่อ เมื่อเจริญเติบโตจะให้ลักษณะที่แตกต่างจากขิงใหญ่ คือ ปลายใบจะแหลมมากกว่า และเหง้าขิงจะแตกกอได้ดีกว่าขิงใหญ่ นิยมนำขิงเล็กมาทำยาสมุนไพรรักษาโรค

2.3 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในขิง

ขิง มีองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น น้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 1 ถึง 2 น้ำมันชัน ร้อยละ 5 ถึง 8 และองค์ประกอบอื่นๆ นอกจากนั้น เช่น สารประกอบกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ ประเภทกัม และแป้ง (นิจศิริ, 2542)

น้ำมันชัน และน้ำมันหอมระเหยที่สามารถสกัดได้จากเหง้าขิง เป็นของผสมระหว่างเรซิ่นกับน้ำมันหอมระเหย และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงมากเพราะมีหน้าที่ในการให้กลิ่นรสที่มีคุณลักษณะเฉพาะของขิง และความฉุน โดยทั้งน้ำมันชัน และน้ำมันหอมระเหยนั้นถูกใช้อย่างหลากหลายทั้งในอาหาร น้ำอัดลม เครื่องดื่มและใช้เป็นสารประกอบทางยา (Balladin และคณะ, 1997; Evans, 1989) และเป็นที่รู้จักกันดีว่าน้ำมันหอมระเหยโดยส่วนใหญ่นั้น สามารถนำมาใช้ทดแทนสมุนไพร และเครื่องเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากทั้งในแง่ของกลิ่นหอม รวมทั้งน้ำมันชันก็ยังสามารถผลิตกลิ่นรสธรรมชาติที่กลมกล่อมให้กับอาหารบางชนิด แสดงให้เห็นว่าส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย และน้ำมันชันนั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการยอมรับสินค้าโดยผู้บริโภค (Redgrove, 1993) โดยพบว่าในประเทศอเมริกา และประเทศเยอรมันมีการใช้น้ำมันขิง และน้ำมันชันจากขิงมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศอีกด้วย (Spice Board of India, 2012)

2.3.1 น้ำมันหอมระเหย (Essential oil)

น้ำมันหอมระเหย เป็นสารที่ให้กลิ่นหอม และกลิ่นรสที่หอมโดยหลักแล้วประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน monoterpenoid และ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน sesquiterpene เช่น oxygenated monoterpene และสารประกอบ sesquiterpene โดยที่น้ำมันชันจะประกอบด้วยสารประกอบฟีนอร์ลิกที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระเหย หรือที่เรารู้จักกัน คือ gingerols shogaols และ zingerone (Spice Board of India, 2012; Huang และคณะ, 2012) และยังพบองค์ประกอบอื่นๆ อีก เช่น sesquiterpene alcohols, monoterpenoids, เอสเทอร์ของกรดซิตริก, เอสเทอร์ของกรดคาพริลลิก และสารประกอบฟีนอร์ลิก นอกจากนี้ Yuliani และคณะ (1991) ยังพบว่าสามารถสกัดได้จากขิงแห้งโดยมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ที่ร้อยละ 15 ถึง 30 ซึ่งปริมาณน้ำมันหอมระเหยนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของขิง อายุการเก็บเกี่ยว และสภาวะในการสกัด และมีคุณค่าทางการค้าเนื่องจากมีคุณสมบัติเกี่ยวกับการบำบัดโรค (Kamble และคณะ, 2008)

Purseglove และคณะ (1981) มีรายงานว่าสามารถแยก (-)-α-zingiberene ซึ่งพบว่าเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน sesquiterpene ที่พบมากในน้ำมันหอมระเหยของขิงโดยเขายังพบว่าน้ำมันขิงที่เตรียมโดยใช้วิธีการกลั่นขิงแห้งด้วยไอน้ำ พบว่าได้ของเหลวที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน ถึงสีเหลืองอำพัน และกลิ่นของน้ำมันยังมีลักษณะสด ให้ความรู้สึกอุ่น และยังพบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำมันขิงนั้นมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับภูมิศาสตร์ของแหล่งของขิงแห้ง เช่น น้ำมันขิงแถบแอฟริกัน น้ำมันขิงจะมีแนวโน้มสีเข้มกว่า และมีความหวานมากกว่า ในขณะที่น้ำมันขิงจาไมก้าพบว่ามีสีอ่อนกว่า และให้กลิ่นที่มีความสดชื่น โดยพบว่าน้ำมันขิงจาไมก้าที่กลั่นมาใหม่ๆ พบว่ามีลักษณะเหมือนยาง ซึ่งพบได้ยากในน้ำมันขิงแอฟริกัน

องค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของขิงไนจีเรีย Onyenekwe และHashimoto (1999) ได้ทำการตรวจสอบด้วยวิธี GC และ GC-MS พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันที่ได้ร้อยละ 2.4 นั้นพบว่าประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน sesquiterpene ร้อยละ 6.6, สารประกอบกลุ่มคาร์บอนิลร้อยละ 6.6, แอลกอฮอล์ร้อยละ 2.4, สารประกอบไฮโดรคาร์บอน monoterpene ร้อยละ 2.4 และเอสเทอร์ร้อยละ 1.6 โดยพบว่าสารประกอบหลัก คือ zingiberene ร้อยละ 29.5 และ sesquiphellandrene ร้อยละ 18.4

Miyazawa และKameoka (1988) ได้ทำการระบุองค์ประกอบจำนวน 72 องค์ประกอบจากน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากขิงที่ทำแห้งโดยใช้อากาศ พบว่ามีปริมาณของ α-zingiberene ร้อยละ 21.8 เป็นองค์ประกอบหลัก แสดงดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

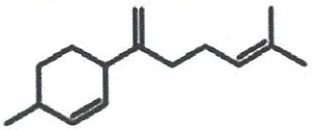
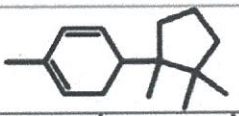
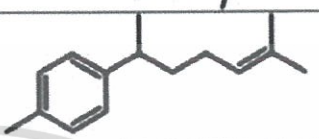
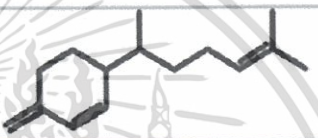
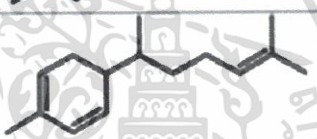
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบที่สามารถระบุได้ในน้ำมันขิง

Sesquiterpene hydrocarbon	Oxygenated monoterpenes	Sesquiterpene alcohols	Monoterpene hydrocarbons
(-)-α-Zingiberene	*d*-Borneol	*cis*-β-Eudesmol	*d*-Camphene
β-Zingeberene	Bornyl acetate	*trans*-β-Eudemol	Δ-3-Carene
(+)-*ar*-Curcumene	1:8 Cineol	Nerolidol	*p*-Cymene
(-)-β-Bisabolene	Citrals a & b	*cis*-β-Sesquiphellandrol	Cumene
β-Elemene	Citronellyl acetate	*trans*-β-Sesquiphellandrol	*d*-limonene
β-Farnesene	Geraniol	*cis*-Sabinene hydrate	Myrcene
γ-Selinene	Linalool	Zingiberenol	*d*-β-Phellandrene
(-)-β-Sesquiphellandrene	α-Terpineol		α-Pinene
Sesquithujene			β-Pinene
			Sabinene

ที่มา : ดัดแปลงจาก Parthasarathy และคณะ (2008)

Miyazawa และKameoka (1988) ยังพบอีกว่าองค์ประกอบหลักของกลิ่นรสหอมระเหยของเหง้าขิง พบว่าประกอบด้วย α-zingiberene ร้อยละ 21.8, geranial ร้อยละ 9.9, geraniol ร้อยละ 9.4, β-bisabolene ร้อยละ 7.9, neral ร้อยละ 7.1, 1,8-cineole ร้อยละ 6.2, α-terpineol ร้อยละ 5.6, borneol ร้อยละ 5.4, β-phellandrene ร้อยละ 3.1, linalool ร้อยละ 1.7, methylnonyl ketone ร้อยละ 1.6, camphene ร้อยละ 1.4, menthyl acetate ร้อยละ 1 และ limonene ร้อยละ 1 แสดงโครงสร้างของสารบางชนิดที่ได้กล่าวมา แสดงดังภาพที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component	Molecular Structure
β-Bisabolene	
Cuparene	
Curcumene	
Farnesene	
Sesquiphellandrene	
Zingiberene	

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของ sesquiterpene ทั่วไป

ที่มา: He และคณะ (2012)

2.3.2 น้ำมันชัน (Oleoresin)

น้ำมันชัน เป็นของผสมระหว่างเรซิ่น กับน้ำมันหอมระเหย และพบว่าน้ำมันชันของขิง มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดสีน้ำตาล และมีกลิ่นรสเฉพาะ รวมถึงความฉุนของขิง โดยพบว่ามีปริมาณผลผลิตของน้ำมันชันของขิงอยู่ที่ร้อยละ 3.5 ถึง 10 ของขิงแห้งผงทางการค้า โดยปริมาณผลผลิตนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ปริมาณน้ำมันชัน ปริมาณสารประกอบ gingerol แหล่งที่พบของขิง สายพันธุ์ของขิง สารละลายที่ใช้ในการสกัด และวิธีการที่ใช้ในการสกัด (E.O.A., 1968)

เนื่องจากลักษณะของน้ำมันชันที่ได้นั้น มีลักษณะข้นหนืด และเหนียว ซึ่งเป็นอุปสรรคในการขนส่งและการใช้งาน และน้ำมันชันยังไม่ละลายในอาหาร และกระจายตัวได้ไม่ดีในโครงสร้างของอาหาร (Kanakdande และคณะ, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 แหล่งของน้ำมันภายในขิงสด และขิงแห้ง

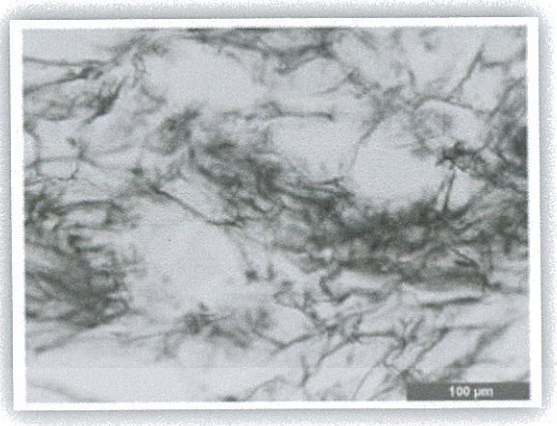
Zarate และYeoman (1994) พบว่ามีการสะสมของ gingerol ภายในเซลล์ที่มีลักษณะเป็นสีเหลือง แสดงให้เห็นถึงการมีอยู่ของเซลล์ชนิดหนึ่งที่เป็นมีลักษณะเป็นช่องเก็บของสารประกอบฟีนอร์ลิก หรือน้ำมันชัน และน้ำมันหอมระเหย

Noor และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาเซลล์ของเหง้าขิงสด โดยการตัดเนื้อเยื่อของขิง แล้วย้อมสีด้วยสีแดงของ Saffranin แล้วทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope, LM) จากภาพที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของน้ำมันพบว่าเนื้อเยื่อของขิงสด ขนาด 220 x 200 ไมโครเมตร พบว่าปรากฏเซลล์น้ำมันเพียง 1 เซลล์ของขนาด 25 x 50 ไมโครเมตร แสดงให้เห็นถึงผนังเซลล์ของพาเรงคิมาที่แตกต่างกัน และพบว่าไม่มีรอยแตกของเซลล์ของเนื้อเยื่อที่ทำการศึกษา

ภาพที่ 2.2 ภาพตัดขวางส่วนของเนื้อเยื่อของเหง้าขิงสดแสดงตำแหน่งของน้ำมันภายในขิง
ที่มา: Noor และคณะ (2004)

จากการศึกษาเซลล์ของเหง้าขิงที่ผ่านการทำแห้ง พบว่าปรากฏรอยแตกที่ผนังเซลล์ของพาเรงคิมา เนื่องจากการเอาน้ำออกจากเซลล์เนื่องจากเกิดการปลดปล่อยตัวของเม็ดแป้ง น้ำมันหอมระเหย และน้ำมันชันภายในเซลล์ จากภาพที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าเซลล์ของน้ำมัน และเซลล์ของพาเรงคิมาที่ถูกทำลาย ดังนั้นจึงทำให้มีการปลดปล่อยน้ำมัน และเม็ดแป้งออกมารอบๆ ภายในเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

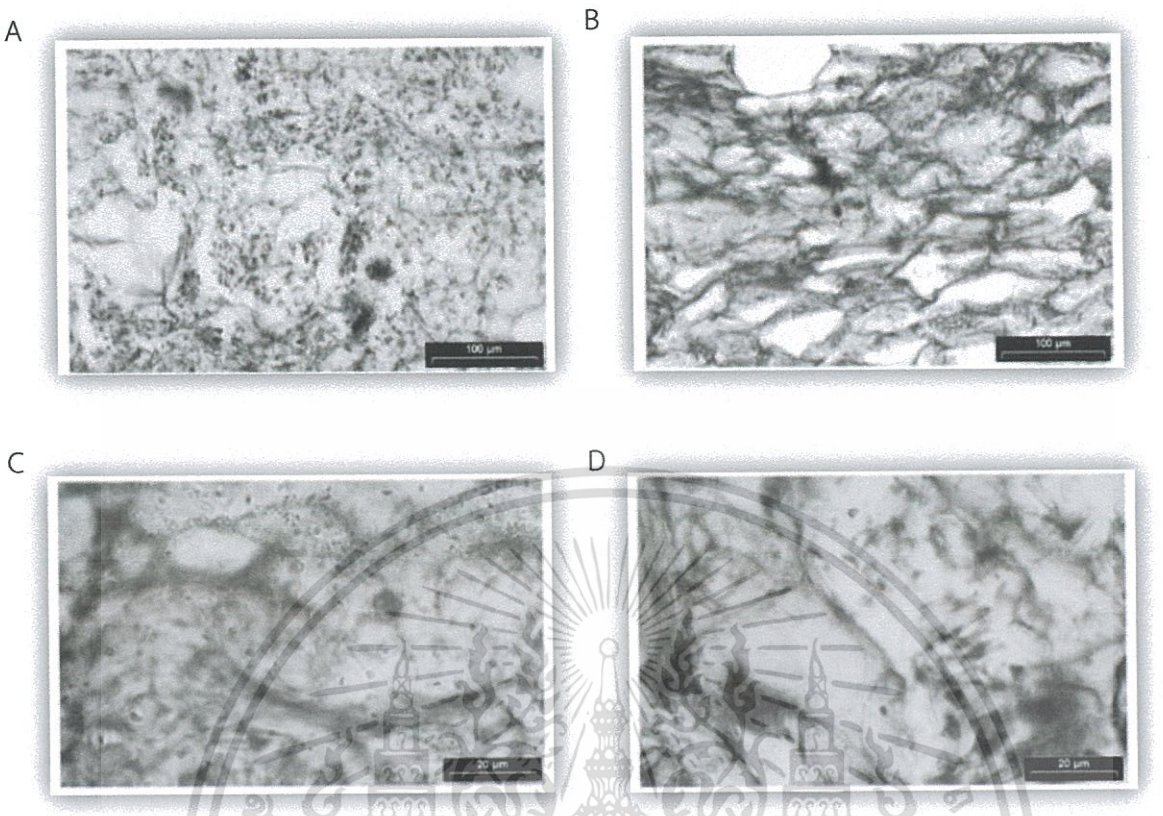


ภาพที่ 2.3 ภาพตัดขวางส่วนของเนื้อเยื่อของเหง้าขิงแห้งแสดงตำแหน่งของน้ำมันภายในขิง

ที่มา: Noor และคณะ (2004)

จากนั้นได้ทำการศึกษาผลของการสกัดขิงสด และขิงแห้งด้วยตัวทำละลายเป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันชันของเนื้อเยื่อของขิงแห้งที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากภาพที่ 2.4A และ 2.4B ได้แสดงให้เห็นว่าผนังเซลล์พาเรงคิมาถูกทำลายอย่างสมบูรณ์ คาดว่าเกิดจากการทำลายเซลล์พาเรงคิมาตั้งแต่ขั้นตอนการทำแห้ง ซึ่งจะเห็นได้จากภาพที่ 2.4C และ 2.4D ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงน้ำมันชันของขิงสดที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผนังเซลล์ของพาเรงคิมาพบว่าไม่ถูกทำลาย แต่พบว่าเกิดการบีบอัดของผนังเซลล์ อาจเป็นไปได้ว่าผลของการใช้สารละลายเอทานอลซึ่งมีผลกับน้ำมันเท่านั้น ทำให้น้ำมันถูกดึงออกไป แต่ไม่มีผลกับผนังเซลล์พาเรงคิมา จะบ่งชี้ได้ว่าการมีอยู่ของทั้งน้ำมันชัน และน้ำมันขิงภายในเนื้อเยื่อ แสดงให้เห็นว่าการสกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมงไม่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ภาพตัดขวางส่วนของเนื้อเยื่อของเหง้าขิงแห้งแสดงตำแหน่งของน้ำมันภายในขิง

ที่มา: Noor และคณะ (2004)

2.4 สารประกอบฟีนอร์ลิก

ผลไม้ ผัก รวมทั้งเมล็ดธัญพืชโดยส่วนใหญ่ ประกอบด้วย สารพฤกษเคมี โดยอาหารส่วนใหญ่คาดว่ามีสารพฤกษเคมีประกอบอยู่ราว 5,000 ถึง 25,000 ชนิด และได้มีการศึกษาสารประกอบฟีนอร์ลิกออกไปอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสารประกอบฟีนอร์ลิกมีผลกระทบทางด้านคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การป้องกันอาการอักเสบ โรคมะเร็ง และโรคเบาหวาน (Acosta-Estrada และคณะ, 2014) และสารพฤกษเคมีเหล่านี้ยังแสดงบทบาทหน้าที่ที่สำคัญกับผนังเซลล์ของพืช โดยการทำหน้าที่เป็นผนังกั้น ทั้งทางด้านกายภาพเพื่อป้องกันการบุกรุก หรือถูกทำลายเนื่องจากเชื้อโรค แมลง และสัตว์ และทางด้านเคมี เพื่อช่วยในการต่อต้านจุลินทรีย์ การต่อต้านเชื้อรา และการทำหน้าที่ในการต่อต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (Liu, 2007; Sancho และคณะ, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 กรดฟีนอร์ลิกและฟลาโวนอยด์

กรดฟีนอร์ลิก และฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีนอร์ลิกที่พบได้ทั่วไป โดยพบปรากฏร่วมกับไกลโคไซด์ในรูปแบบที่ละลายได้ และรูปแบบที่ไม่ละลาย (Nardini และGheselli, 2004)

ฟีนอร์ลิกในรูปแบบที่ไม่ละลายจะสร้างพันธะโควาเลนต์เชื่อมกับองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์ของพืช เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส (อราบินอกซีแลน) ลิกนิน เพกติน และโปรตีน (Wong, 2006) โดยในธรรมชาติ กรดฟีนอร์ลิกส่วนใหญ่จะปรากฏในรูปแบบที่ไม่ละลาย หรือ bound form แต่ทว่าฟลาโวนอยด์จะปรากฏร่วมกับไกลโคไซด์กับน้ำตาล single หรือ น้ำตาล multiple โดยเชื่อมกันผ่านหมู่ไฮดรอกซิล (O-glycosides) หรือเชื่อมกันผ่านพันธะคาร์บอน-คาร์บอน (C-glycosides)

กรดฟีนอร์ลิกเป็น 1 ใน 3 ของฟีนอลในอาหาร ซึ่งปรากฏอยู่ในพืชทั้งในรูปแบบอิสระ และรูปแบบผูกพัน (Robbins, 2003)

กรดฟีนอร์ลิกประกอบด้วยหมู่ย่อย 2 หมู่ คือ กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (Hydroxybenzoic acid) และกรดไฮดรอกซีซินนามิก (Hydroxycinnamic acid)

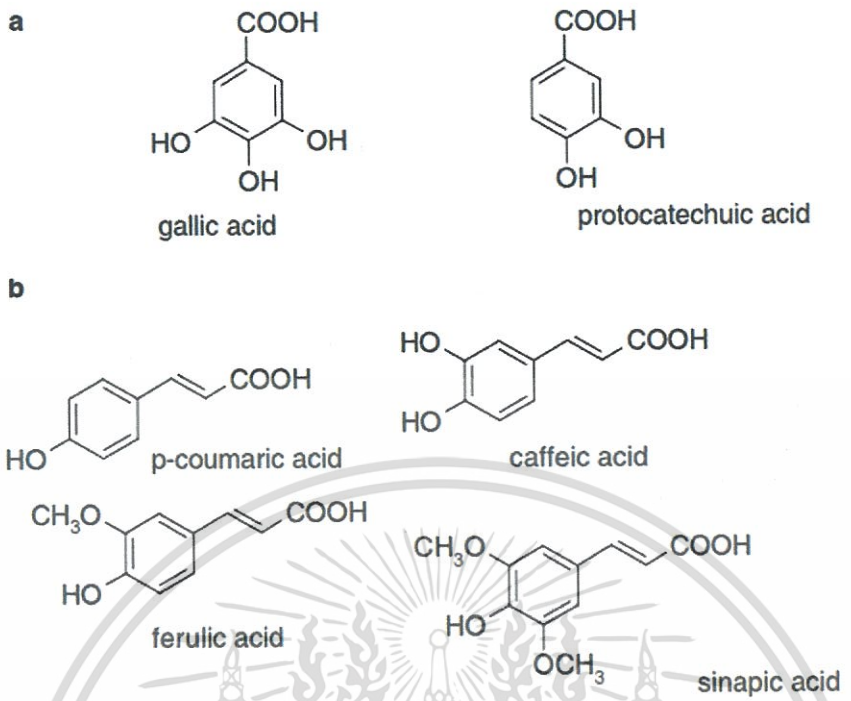
Hydroxybenzoic acid จะประกอบด้วย gallic, p-hydroxybenzoic, protocatechuic, vanillic และ syringic acids

อีกด้านหนึ่ง คือ Hydroxycinnamic acid มีโครงสร้างเป็นสารประกอบอะโรมาติก ที่ประกอบด้วยสายของคาร์บอน 3 สาย, caffeic, ferulic, *p*-coumaric และ sinapic acids ซึ่งจัดเป็นองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่ที่พบ (Bravo, 1998) แสดงดังภาพที่ 2.5

Hydroxycinnamic acid และ Hydroxybenzoic acid จะสร้างพันธะเอสเทอร์เชื่อมกับลิกนินผ่านทางหมู่ไฮดรอกซิลในวงแหวนอะโรมาติก และจะสร้างพันธะเอสเทอร์เชื่อมกับโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนผ่านทางหมู่คาร์บอกซิลิก (Bhanja และคณะ, 2009; Liu, 2007; Liyana-Pathirana และShahidi, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

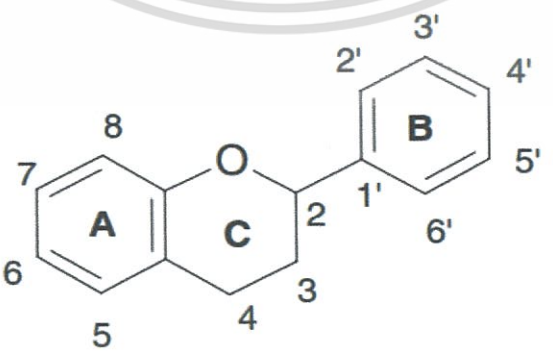
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของ Hydroxybenzoic acid (a) และ Hydroxycinnamic acid (b)

ที่มา: Bravo (1998)

ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีนอร์ลิกกลุ่มใหญ่ที่พบในพืช โดยพบมากกว่า 8000 ชนิดเกิดขึ้นในสารประกอบฟีนอร์ลิก (Harborne และคณะ, 1999) โดยพบว่าฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนอะตอม 15 อะตอม โครงสร้างของฟลาโวนอยด์นั้นจะประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก 2 วง ประกอบด้วยวงแหวน A และวงแหวน B ที่เชื่อมกันด้วยสะพานคาร์บอน 3 อะตอม พบมากในรูปแบบของวงแหวน Heterocyclic C แสดงดังภาพที่ 2.6



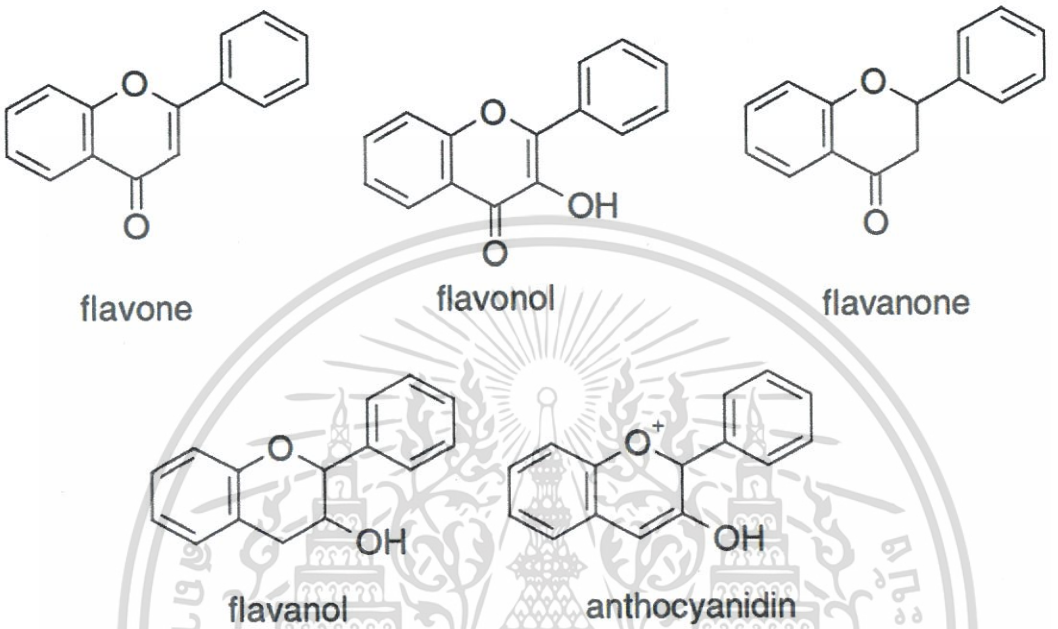
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของฟลาโวนอยด์

ที่มา: Balasundram และคณะ (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148846

ความหลากหลายของรูปแบบขององค์ประกอบของวงแหวน C ทำให้สามารถจำแนกฟลาโวนอยด์ได้ออกเป็นชนิดหลักๆ เช่น flavonols, flavones, flavanones, flavanols (catechins), isoflavones, flavanonols และ anthocyanidins (Hollman และKatan, 1999) แสดงดังภาพที่ 2.7



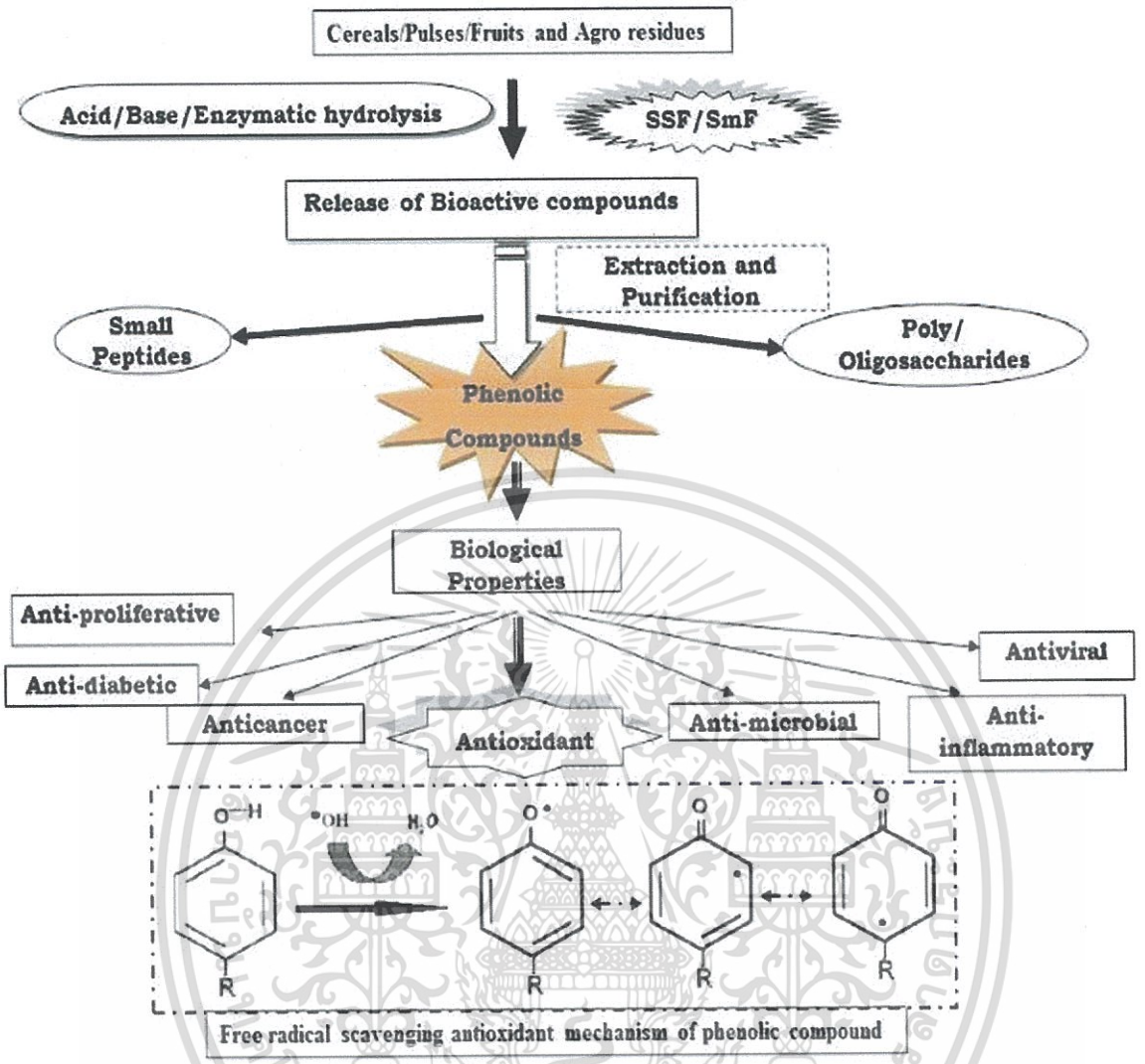
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ

ที่มา: Balasundram และคณะ (2006)

2.4.2 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอร์ลิก

สารประกอบฟีนอร์ลิกพบว่ามีประสิทธิภาพในการทดลองในหลอดทดลองทางด้านคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ Rice–Evan และคณะ (1996) พบว่ามีฤทธิ์มากกว่าวิตามินซี วิตามินอี และแคโรทีนอยด์ และมีโครงสร้างทางเคมีในอุดมคติของฟีนอร์ลิกทำเกิดการให้ไฮโดรเจน และอิเล็กตรอนได้โดยง่ายจากหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งในวงแหวนอะโรมาติกสำหรับความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพในการเป็น metal-chelating แสดงดังภาพที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แผนผังกลยุทธ์การสกัด หรือผลิต และกลไกการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอร์ลิก

ที่มา: Dey และคณะ (2016)

จากงานวิจัยของ Rice-Evans และคณะ (1997) รายงานว่าคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบสามารถตรวจสอบได้จากคุณลักษณะ 5 ประการ ประกอบด้วย

1. ศักยภาพของการให้ไฮโดรเจน หรืออิเล็กตรอนที่มีศักยภาพในการลดลง
2. ผลของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับอนุมูลอิสระ
3. ความมีเสถียรภาพของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว และ ความสามารถในการเกิดการไม่ประจำที่ของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว
4. ปฏิกิริยาสัมพันธ์กับสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่นๆ
5. ศักยภาพการเปลี่ยนตำแหน่งของ metal chelating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอร์ลิกนั้นสามารถให้ไฮโดรเจนจากหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งวงแหวนอะโรมาติกได้โดยง่าย เพื่อหยุดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของอนุมูลอิสระของลิพิด หรือสารชีวโมเลกุลอื่นๆ วงแหวนอะโรมาติกของฟีนอร์ลิกยังสามารถทำให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวมีความเสถียรภายในวงแหวนอะโรมาติกเอง

Hydroxycinnamic acid มีความสามารถการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า Hydroxybenzoic acid (Andreasen และคณะ, 2001) ซึ่งการที่ Hydroxycinnamic acid มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่านั้น เนื่องมาจากโครงสร้างของกลุ่ม CH=CH-COOH ซึ่งเป็นตัวที่มีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมได้ดีกว่า และเป็นอนุมูลที่มีความเสถียรมากกว่าหมู่ –COOH ใน Hydroxybenzoic acid (Rice-Evans และคณะ, 1996)

Bhanger และคณะ (2008) ได้ทำการสังเกตว่าสารประกอบเหล่านี้มีฤทธิ์ในคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และลดการเกิด lipid oxidation ดังนั้นสารประกอบฟีนอร์ลิกสามารถเป็นทางเลือกในการใช้ในส่วนผสมเชิงหน้าที่เพื่อเพิ่มความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูป และให้คุณค่าประโยชน์แก่ร่างกายที่เกี่ยวข้องกับสารพฤกษเคมีเหล่านี้ และมีสารประกอบฟีนอร์ลิกบางชนิดยังมีรายงานว่ามีศักยภาพในการช่วยต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ ต้านการเจริญของเนื้องอก ต้านการอาการอักเสบ (Bravo, 1998; Daglia, 2012) โดยนอกจากจะมีการใช้งานสารประกอบฟีนอร์ลิกในอุตสาหกรรมอาหารแล้วนั้น ยังพบว่ามีการใช้งานในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์อีกด้วย (Sancho และคณะ, 2001)

2.4.3 สภาพแวดล้อมในการสกัดที่มีผลต่อสารประกอบฟีนอร์ลิก

การย่อยด้วยด่าง และกรดเป็นวิธีโดยทั่วไปส่วนใหญ่ที่จะชะเอาสารประกอบฟีนอร์ลิก (Stalikas, 2007) ปัจจัยหลักๆ มาจากความเข้มข้นของกรด-ด่าง อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการย่อย ซึ่งพบว่าการย่อยด้วยกรดจะทำลายพันธะไกลโคซิดิก และน้ำตาลที่ละลายได้ แต่พบว่าพันธะเอสเทอร์ไม่ถูกทำลาย (Fazary และJu, 2007) ทำให้สูญเสียสารประกอบฟีนอร์ลิกไปบางส่วน

การย่อยด้วยสภาวะด่างจะทำลายพันธะเอสเทอร์ซึ่งเชื่อมอยู่ระหว่างสารประกอบฟีนอร์ลิกกับผนังเซลล์ ดังนั้นจึงเป็นทางที่เสริมประสิทธิภาพให้สามารถชะสารประกอบฟีนอร์ลิกออกจาก polysaccharides ได้ การย่อยด้วยด่าง ยังเป็นวิธีที่ใช้ทั่วไปในการสกัด bound phenolic acids และสารประกอบอื่นๆ ออกจากเมล็ดธัญพืช แสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอร์ลิกจะถูกชะออกมาได้ดี เมื่อทำการย่อยด้วยสภาวะด่างมากกว่าการย่อยด้วยสภาวะกรด และลดการสูญเสียสารประกอบฟีนอร์ลิก รวมทั้งยังพบว่าการย่อยด้วยสภาวะด่างยังช่วยให้ชะ bound phenolics ออกมาได้ในระยะเวลาที่สั้น เมื่อใช้ความเข้มข้นด่างสูง และอุณหภูมิสูงเข้ามาช่วย (Fazary และJu, 2007; Kim และคณะ, 2006; Verma และคณะ, 2009; Oufnac และคณะ, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 สารประกอบฟีนอร์ลิกที่ใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร

การเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อรักษากลิ่นรส และสี และเพื่อป้องกันการถูกทำลายของวิตามิน การใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์ ใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษาสภาพอาหารไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น butylatedhydroxyanisole (BHA), butylatedhydroxytoluene (BHT), propyl gallate (PG) และ tert-butyl hydroquinone (TBHQ)

Tocopherols ก็เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้ในอาหาร โดยประสิทธิภาพสามารถเรียงจากมากไปน้อยได้ ดังนี้ $\delta>\gamma>\beta>\alpha$ และมีรายงานเปิดเผยว่า BHA และ BHT เป็นสารพิษ และเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้สูงขึ้น และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ เช่น tocopherols โดยพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากการสังเคราะห์ เช่น BHA BHT และ TBHQ พบว่ามีการใช้งานอย่างกว้างขวางในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร แต่ว่ามีข้อควรระมัดระวังเกี่ยวกับความปลอดภัย จึงทำให้มีความสนใจในสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น (Sherwin, 1990; Wanasundara และShahidi, 1998)

2.4.5 การตรวจวัดสารประกอบฟีนอร์ลิก

วิธีการตรวจหาสารประกอบฟีนอร์ลิกมีด้วยกันหลายวิธี ทั้งวิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติสามารถแสดงผลได้ด้วยหลายวิธีด้วยกัน

Folin-Ciocalteau assay เป็นวิธีที่ใช้ในการบ่งบอกปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด แต่จะไม่ได้ตรวจหาเฉพาะสารที่มีกลุ่มฟีนอร์ลิกที่ปรากฏในสารสกัด แต่ยังแสดงผลของการรบกวนกับกรดแอสคอร์บิกและน้ำตาลรีดิวซ์อีกด้วย (Stalikas, 2007)

การตรวจหาสารประกอบฟีนอร์ลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteau เป็นการวัดทางเคมีแบบเปียกของปริมาณของกรดฟีนอร์ลิกและฟลาโวนอยด์ซึ่งต้องทำการสกัดสารประกอบออกมา และพบว่ามีการทำลายตัวอย่าง ทำให้ต้องใช้เวลา และมีต้นทุนที่สูง วิธีการวัดโครงสร้างทางกายภาพ เช่น Infrared (IR) spectroscopy เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว แม่นยำ และไม่ทำลายตัวอย่าง (Zhang และคณะ, 2008)

2.5 สารทางพฤกษศาสตร์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

สารพฤกษเคมี คือ สารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกิดขึ้นจากพืช เมื่อไม่นานมากนี้มีการเติบโตที่น่าสนใจในผลกระทบที่เป็นประโยชน์ของสารพฤกษเคมีจากพืช โดยผลกระทบของสารพฤกษเคมีจากพืชนั้นช่วยในการบำรุงรักษาสุขภาพ และการป้องกันโรคต่างๆ (Gruenwald และคณะ, 2010; Kim และคณะ , 2012) เครื่องเทศก็เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (Das และคณะ, 2012) และขิงก็ถูกใช้เป็นเครื่องเทศ และใช้เป็นสารเติมแต่งจากธรรมชาติมามากกว่า 2000 ปีมาแล้ว (Bartley และJacobs, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ibanez และคณะ (2003) ได้กล่าวว่าสารประกอบที่ต้านอนุมูลอิสระ หรือสารพฤกษเคมีที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ เช่น พืช ผัก ผลไม้ และเครื่องเทศต่างๆ มีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหารเพราะคุณประโยชน์ของสารเหล่านั้นซึ่งใช้ในการเตรียมอาหารต่างๆ ที่หลากหลาย และผลของการช่วยส่งเสริมสุขภาพ ด้วยเหตุนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงมีความต้องการสารประกอบที่ต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติจึงมีเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการให้ความสนใจของอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมยาที่มีการเติบโตขึ้นจึงทำให้อุตสาหกรรมยามีการใช้สารพฤกษเคมีสำหรับการพัฒนายาเพื่อให้มีผลกระทบข้างเคียงต่อร่างกายต่ำที่สุด รวมทั้งเพื่อศักยภาพในการต่อต้านโรคที่หลากหลายมากขึ้น (Yeh และคณะ, 2014)

โดยพบว่าในปัจจุบัน สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติมีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหารเพราะผลกระทบที่ส่งต่อถึงสุขภาพ (Ibanez และคณะ, 2003) ดังนั้น จากความต้องการสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นนั้น จึงทำให้มีความสนใจในอาหารที่ใช้วัตถุดิบจากแหล่งธรรมชาติมีการเจริญเติบโตขึ้น (Aruoma และคณะ, 1995; Kim และคณะ, 1997) จากการศึกษาที่หลากหลายได้แสดงให้เห็นว่าวิธีที่ใช้ในการสกัดสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด และปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในสารสกัด เนื่องจากวิธีในการสกัดที่ใช้ รวมทั้งเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างก็มีอิทธิพลต่อสารสกัดในแง่ของคุณภาพของสารสกัดอีกด้วย (Chan และคณะ, 2007; Ding และคณะ, 2012; Sikora และคณะ, 2008)

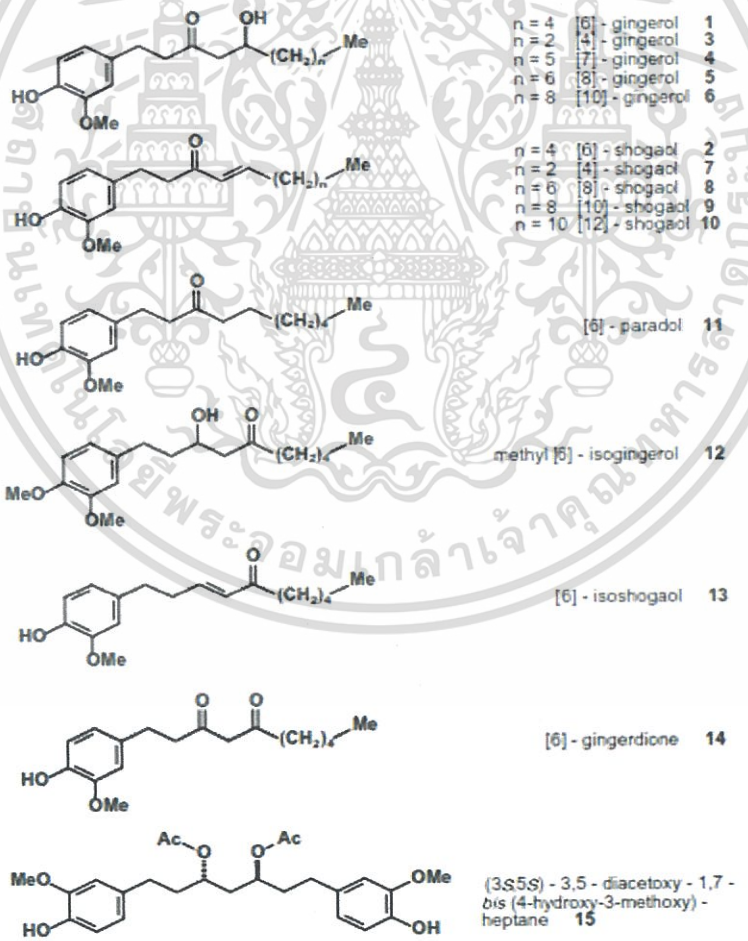
อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีความแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน เนื่องมาจากอิทธิพลหรือจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่หลากหลาย เช่น สภาวะที่ใช้ในการปลูก สภาพภูมิอากาศ ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยว และปัจจัยภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น สภาวะในการเก็บรักษา รวมไปถึงกระบวนการแปรรูปต่างๆ และความแปรปรวนต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้น ไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของแต่ละส่วนของพืช แต่ยังเป็นผลเนื่องจากประเทศ แต่ละประเทศที่ทำการปลูก หรือเป็นผู้ผลิตอีกด้วย (Masullo และคณะ, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 สารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในขิง

Butt และSultan (2011) ได้กล่าวว่าขิงนั้นเป็นที่รู้จักกันดีว่ามีคุณค่า และมีคุณสมบัติทางยา ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ ประกอบไปด้วย สารประกอบกลุ่ม gingerols zingiberene และ shogaols

จากสารประกอบกลุ่ม gingerols zingiberene และ shogaols ที่เป็นสารประกอบหลักที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ นอกจากมี 6-gingerol เป็นสารประกอบหลักแล้วที่พบในเหง้าขิงแล้วนั้น ยังมีสารประกอบกลุ่มฟีนอร์ลิกอื่นๆ ที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบ gingerols ประกอบด้วย 4-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol และ 12-gingerol แต่พบว่าปรากฏอยู่ในเหง้าขิงในปริมาณความเข้มข้นต่ำ (Wohlmuth และคณะ, 2005) โดยมีลักณะโครงสร้างทางเคมีแสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบหลักในขิง

ที่มา: Badreldin และคณะ (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในขิง

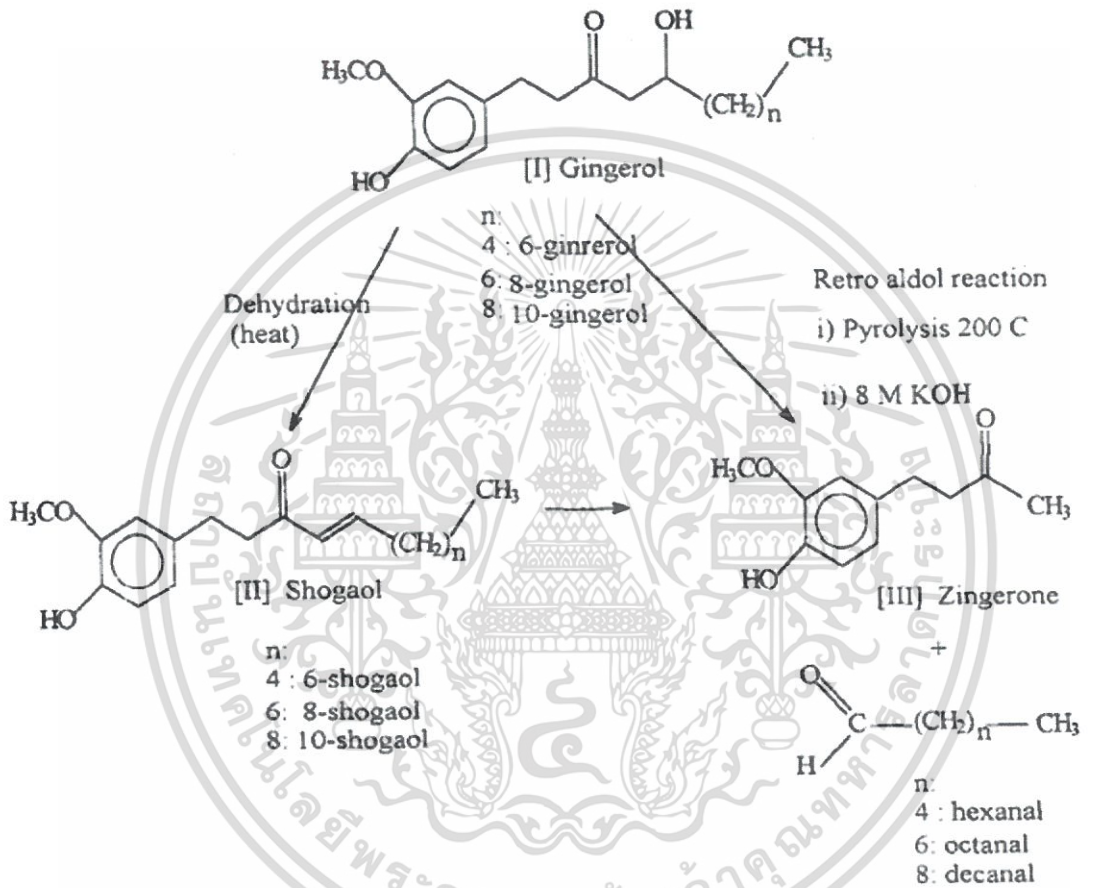
สารประกอบหลักที่ออกฤทธิ์ในขิงสด คือ gingerols แต่ shogaols เป็นสารประกอบที่ไม่ปรากฏในขิงสด หรือไม่พบในธรรมชาติ เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ gingerols ระหว่างกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน หรือการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสาร โดยเกิดการเสื่อมสลายของโครงสร้างของ gingerols ไปเป็น shogaols ซึ่งเกิดขึ้นได้เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด หรือเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (Kubra และRao, 2012) โดยที่อัตราของการเกิดการเสื่อมสลายของ 6-gingerol ไปเป็น 6-shogaol พบว่าขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยพบว่าจะมีความเสถียรดีที่สุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 4 แต่พบว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่าง 1 จะเกิดการย่อยสลายแบบผันกลับได้ค่อนข้างรวดเร็วขึ้น (Bhattarai และคณะ, 2001) และพบว่าในระหว่างการเตรียมขิงแห้งสารประกอบ gingerols จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็น shogaols อย่างรวดเร็ว จึงทำให้พบ 6-shogaol ได้มากในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง หรือเอาน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ (Dehydration) (Ok และJeong, 2012)

Wang และคณะ (2011) พบว่า 6-shogaol นั้นมีความสามารถทางด้านชีวภาพที่ดีกว่า 6-gingerol โดยพบว่ามีรายงานการวิจัยของ Dugasani และคณะ (2010) ซึ่งได้ทำการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบที่พบในขิง ประกอบด้วย 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol และ 6-shogaol จากผลการทดลองพบว่า 6-shogaol นั้นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า โดยดูได้จากค่า IC_{50} value ซึ่งพบว่ามีค่าเท่ากับ 8.05±1.02 µM ซึ่งพบว่ามีค่าน้อยกว่าค่า IC_{50} value ของ 6-gingerol ที่มีค่าเท่ากับ 26.3±1.42 µM แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ปริมาณสารประกอบ 6-shogaol ในปริมาณน้อยกว่า 6-gingerol แต่พบว่าสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากัน และยังมีรายงานว่ามีการเปลี่ยนแปลงจาก gingerol ไปเป็น zingerones และสารประกอบอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากการเสื่อมสลายจากความร้อนเช่นกัน และพบว่าผลของการทำแห้ง และการสกัดขิงด้วยวิธี supercritical carbon dioxide ที่มีผลต่อสารประกอบหลักที่ให้กลิ่นฉุน หรือ 6-gingerol โดยได้ทำการศึกษาปริมาณ gingerols และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล จากผลการทดลองพบว่ามีปริมาณสารประกอบ gingerols ลดลง เมื่อทำการเพิ่มความดัน และอุณหภูมิ (Puengphian และSirichote, 2008) แสดงดังภาพที่ 2.10

กระบวนการแปรรูปโดยวิธีการให้ความร้อน เช่น การใช้ไอน้ำ ส่งผลให้คุณลักษณะทางเคมีของพืช ผัก หรือสมุนไพรต่างๆ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความสามารถทางชีวภาพได้ (Chan และคณะ, 2007) แต่พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำสามารถป้องกันองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ได้ในวัสดุที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้จากอุณหภูมิสูง (Balladin และคณะ, 1999) และจากการลดลงของปริมาณความชื้นตามธรรมชาติโดยกระบวนการทำแห้งปกติแล้วเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการป้องกันการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีบางอย่าง อย่างไรก็ตาม กระบวนการทำแห้ง หรือกำจัดน้ำออกต่างๆ ยังส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นหอม เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ คุณสมบัติทางกายภาพ (Phoungchandang และSaentaweesuk, 2011; Pinela และคณะ, 2011) รวมทั้งคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Chan และคณะ, 2009)



ภาพที่ 2.10 โครงสร้าง และความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบหลักที่ให้กลิ่นฉุนของขิง

ที่มา: Balladin และHeadley (1997)

ยังมีรายงานว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ หรือ Supercritical fluid extraction (SFE) ของเนื้อเยื่อขิงแห้งทำให้กำจัดน้ำมันหอมระเหยออก ซึ่งปรากฏอยู่ในช่วงร้อยละ 0.8 ถึง 2.5 ของน้ำหนักแห้ง แต่ทว่าปริมาณผลผลิตของน้ำมันชันอยู่ประมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักแห้ง (Noor และคณะ, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของขิง

ขิงเป็นที่รู้จักกันดีในแง่ของคุณค่าทางยา เพราะมีสารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย ประกอบด้วย gingerols zingiberene และ shogaols (Butt และSultan, 2011)

สารกลุ่ม gingerols และ shogaols เป็นที่รู้กันดีว่ามีประโยชน์ และคุณสมบัติทางยา โดยพบว่าการศึกษาการรักษาเบื้องต้นช่วยสนับสนุนคุณค่าของสารทั้ง 2 มากขึ้น พบว่าช่วยรักษาโรคเบาหวาน โรคอ้วน อาการท้องเสีย อาการภูมิแพ้ อาการเจ็บ อาการไข้ อาการอักเสบ และโรคมะเร็งต่างๆ พบว่าสารกลุ่ม gingerols ช่วยรักษาให้สำเร็จได้ในรูปแบบของสัตว์ทดลอง และพบว่าขิง และสารประกอบของขิงได้รับการยอมรับว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระของสารอนุมูลอิสระต่างๆ และมีความสามารถในการผลิตไนตริกออกไซด์ (Semmal และคณะ, 2015)

อรนุช (2536) และเสาวนิตย์ (2545) ยังพบว่าขิงมีฤทธิ์ในการแก้ปวดลดไข้ในหนูทดลอง สามารถลดระดับคลอเลสเตอรอลในหนูขาว ลดอาการวิงเวียนได้สำหรับคนที่เมารถ มีฤทธิ์ในการขับลม ลดอาการจุกเสียดเนื่องจากมีส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย และยังมีฤทธิ์เป็นยาชาเฉพาะที่ เมื่อทดสอบกับเส้นประสาทของกบอีกด้วย

Zick และคณะ (2008) ได้กล่าวถึงความเป็นพิษของขิง โดยพบว่าอนุพันธ์ของขิง 6-gingerol 8-gingerol 10-gingerol และ 6-shogaol พบว่ามีความปลอดภัย เมื่อใช้ในปริมาณที่ไม่เกิน 2000 มิลลิกรัม

2.7 กระบวนการห่อหุ้มสาร (Encapsulation)

Encapsulation ได้รับการนิยามว่า เป็นกระบวนการยึดจับหรือห่อหุ้มสารตัวหนึ่ง (active agent)ด้วยสารชนิดอื่นๆ (wall material) ซึ่งสารที่ถูกเคลือบ (ยกเว้น active agent) จะเรียกว่า core, fill, active, internal และ payload-phase และสารที่นำมาเคลือบ จะเรียกว่า coating, membrane, shell, capsule, carrier-material, external-phase และ matrix (Wandrey และคณะ, 2009; Zuidam และ Nedovic, 2009) Encapsulation ไม่เพียงแต่ได้รับการนิยามว่าเป็นกระบวนการยึดจับหรือห่อหุ้มสารตัวหนึ่งเท่านั้น แต่ Encapsulation ยังได้รับการนิยามว่าเป็นเทคโนโลยีที่บรรจุของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ลงในแคปซูลขนาดเล็ก ที่สามารถปล่อยสารได้ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นและภายใต้สภาวะที่เฉพาะเจาะจง (Desai และPark, 2005) โดยสามารถสร้างอนุภาคที่มีขนาดตั้งแต่ นาโนเมตร ไมโครเมตร ไปจนถึง มิลลิเมตร (Lakkis, 2007; Burgain และคณะ, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encapsulation เป็นเทคโนโลยีที่องค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้รับการห่อหุ้มอย่างสมบูรณ์ และได้รับการป้องกันโดยทำหน้าที่เป็นตัวป้องกัน (barrier) ทางกายภาพ โดยไม่มีส่วนเกินขององค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งมีความสามารถในการทำให้สารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีความคงตัวในระหว่างการดำเนินการ กักเก็บ และป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาต่ออาหาร เทคโนโลยีนี้ยังสร้าง barrier ระหว่าง วัสดุที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และสิ่งแวดล้อม ดังนั้น จึงทำให้มีรสชาติ และกลิ่นที่แตกต่างกัน สามารถปกปิดรสชาติ และกลิ่นที่ไม่ดี ทำให้ส่วนผสมคงที่ และเพิ่มความสามารถทางชีวภาพ (bioavailability) (McClements และLesmes, 2009; Vos และคณะ, 2010)

นอกจากนี้ Encapsulation ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบเดิม เพื่อให้สามารถพกพาได้สะดวกยิ่งขึ้น ช่วยแยกองค์ประกอบของสารที่ผสมกันอยู่ ทำให้สารมีความเข้มข้น รวมถึงช่วยให้สารที่ถูกเคลือบ (Active material) มีการแพร่กระจายอย่างสม่ำเสมอ(Desai และPark, 2005)

2.7.1 จุดประสงค์ในการทำ Encapsulation

1. ควบคุมการระเหยของกลิ่น ปรับปรุงผลิตภัณฑ์สุดท้าย และผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาให้มีความคงตัว (Nedovic และคณะ, 2011)

2. ป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับส่วนประกอบอื่นในอาหาร เช่น ออกซิเจน น้ำ และอื่นๆ (Parris และคณะ, 2005)

2.7.2 การเลือกใช้สารที่นำมาเคลือบ (Wall material)

การเลือกใช้สารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ที่เหมาะสม เป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการทำ Encapsulation เพราะเป็นส่วนสำคัญในการทำให้ไมโครแคปซูล (Microcapsule) มีประสิทธิภาพ และมีความคงตัวเพิ่มมากขึ้นซึ่งสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้ (Desai และPark, 2005)

1. มีคุณสมบัติในการสร้างฟิล์มได้ดี (เอกลักษณ์, 2009)

2. มีคุณสมบัติในการกระจายตัว และรวมตัวกับสารที่ถูกเคลือบ (Active material) (Ray และคณะ, 2015) และมีความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชั่นได้ดี (เอกลักษณ์, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีความหนืดต่ำ เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งควรมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นต่ำ (เอกลักษณ์, 2009)

4. มีความคงตัวสูง เพื่อป้องกันสารที่ถูกเคลือบ (Active material) ต่อสภาพแวดล้อมภายนอก (เอกลักษณ์, 2009) เช่น ออกซิเจน ความร้อน แสง และความชื้น และไม่ควรทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นๆ (Ray และคณะ, 2015)

5. ตัวทำละลายของสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ควรเป็นที่ยอมรับในระดับอุตสาหกรรมอาหาร เช่น น้ำ หรือเอทานอล (Ray และคณะ, 2015)

ตัวอย่างของสารที่นำมาเคลือบ (Wall material)

1. โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) แป้ง และอนุพันธ์อื่นๆ ของแป้ง หรือคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ amylose, amylopectin, dextrins, maltodextrins, polydextrose, syrups และ cellulose

2. สารสกัดจากพืช ได้แก่ gum-arabic, gum-tragacanth, gum-karaya, mesquite-gum, galactomannan, spectins และ soluble-soybean-polysaccharides

3. สารสกัดจากสิ่งมีชีวิตในทะเล ได้แก่ carrageenans และ alginate

4. โปรตีน ได้แก่ caseins, gelatin และ gluten

5. Lipid ได้แก่ fatty acids และ fatty alcohols waxes (beeswax, carnauba-wax, candellia-wax), glycerides และ phospholipids

6. สารอื่นๆ ได้แก่ PVP, paraffin, shellac และสารอนินทรีย์ (Wandrey และคณะ, 2009)

ตัวอย่างของสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม

1. กัมอารบิก (Gum Arabic) เป็นสารธรรมชาติที่จัดอยู่ในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) (เอกลักษณ์, 2009) มีโครงสร้างแบบกิ่ง (Branch) (Tombs และHarding, 1998) ซึ่งได้มาจากน้ำยางธรรมชาติจากส่วนเปลือกของลำต้นพืชกลุ่มอากาเซีย (Acacia) และมีชื่อเรียกหลากหลาย ได้แก่ กัมอารบิก (Gum Arabic) กัมอากาเซีย (Acacia Gum) หรือกัมซูดาน (Sudan Gum) (เอกลักษณ์, 2009) เป็นหนึ่งในสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ที่นิยมใช้ในการทำ Encapsulation เนื่องจากมีความหนืดต่ำมีความคงตัวสูง มีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์ม (Ali และคณะ, 2009; Sarkar และคณะ, 2013) มีความสามารถในการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาสารระเหยได้ดี มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) (Righetto และ Netto, 2005; Gabas และคณะ, 2007) และมีคุณสมบัติเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ (Emulsifiers) ที่ดีโดยเฉพาะในอิมัลชั่นประเภทน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion) (เอกลักษณ์, 2009)

2. มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่เชื่อมต่อด้วยพันธะ α-1,4 ได้มาจากการย่อยแป้งด้วยกรดหรือเอมไซม์ อาจอยู่ในรูปแบบของผงสีขาวหรือแบบของเหลวข้นไม่มีกลิ่นรส (เอกลักษณ์, 2009) โดยที่ Maltodextrin ถูกใช้โดยทั่วไปเพื่อเป็นสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ในการทำ Encapsulation (Ersus และYurdagel, 2007; Loksuwan, 2007; Kha และคณะ, 2010; Burin และคณะ, 2011) เพราะสามารถละลายน้ำได้เป็นอย่างดี มีความเหนียวน้อย ปริมาณน้ำตาลต่ำ ราคาไม่สูงมาก และเป็นสารละลายที่ไม่มีสี ด้วยคุณสมบัติทั้งหมดนี้ ทำให้ Maltodextrin เป็นที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมอาหาร (Robert และคณะ, 2010)

3. แป้งดัดแปร (Modified starch) ชนิด OSAN (N-Octenyl Succinic Anhydride-Substituted Starches) มีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี (เอกลักษณ์, 2009) มีความสามารถในการเกิดฟิล์ม ได้ดี (Wijaya และคณะ, 2011) ไม่มีกลิ่นรส มีความคงตัวสูง ทำปฏิกิริยากับสารชนิดอื่นๆ ได้ยากมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี และมีราคาต่ำโดยเฉพาะในอิมัลชั่นประเภทน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion) แต่เมื่อทำให้เป็นสารละลายจะมีความเป็นกรดจึงไม่ควรนำมาใช้กับสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ที่ไวต่อกรด (เอกลักษณ์, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะเฉพาะของสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) แต่ละชนิด ที่ใช้ในการทำ Encapsulation

ชนิดของสารเคลือบ	คุณลักษณะเฉพาะ
Maltodextrin (DE<20)	Film forming
Corn syrup solid (DE>20)	Film forming
Modified starch	Very good emulsifier
Gum Arabic	Emulsifier, film forming
Modified cellulose	Film forming
Gelatin	Emulsifier, film forming
Cyclodextrin	Encapsulant, emulsifier
Lecithin	Emulsifier
Whey protein	Good emulsifier
Hydrogenated fat	Barrier to oxygen and water

ที่มา: ดัดแปลงจาก Madene และคณะ (2006)

ในการทำ Encapsulation ไม่มีข้อกำหนดว่าควรเลือกสารชนิดใด หรือสารชนิดไหนจะเหมาะสำหรับการนำมาทำ Encapsulation โดยส่วนใหญ่ ชนิดของสารที่ถูกเคลือบ (Active material) และลักษณะต่างๆ ของสาร จะเป็นปัจจัยแรกที่นำมาพิจารณาเพื่อการเลือกใช้ให้เหมาะสม แต่ข้อจำกัดทางด้านต้นทุนหรือราคาเป็นอีกปัจจัยสำคัญ ในการเลือกสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) เพื่อใช้ในการทำ Encapsulation เช่นกัน (Wandrey และคณะ, 2009)

2.7.3 วิธีการทำ Encapsulation

วิธีการทำ Encapsulation ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง (Vos และคณะ, 2010) ในปัจจุบันมีวิธีการมากมายในการทำ Encapsulation ซึ่งแต่ละวิธีการถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย (Augustin และHemar,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2009) แต่ไม่มีวิธีใดเลยที่สามารถนำมาปรับให้สามารถใช้ได้กับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทุกชนิด (Vos และคณะ, 2010) เนื่องจากองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในอาหารมีลักษณะโครงสร้างอนุภาคที่เฉพาะ และแตกต่างกัน (Augustin และHemar, 2009) วิธีการทำ Encapsulation ส่วนใหญ่จะเป็นกระบวนการทำแห้ง (Gibbs และคณะ, 1999; Zuidam และHeinrich, 2009) โดยในแต่ละวิธีการทำ Encapsulation จะมีทั้งข้อดี และข้อเสีย (Khadiran, 2015) ขึ้นอยู่กับชนิดของสารภายในแคปซูล และการนำไปใช้งาน (เอกลักษณ์, 2009) ซึ่งมีวิธีการหลักๆ 2 วิธีการ ได้แก่ วิธีการทางเคมี และวิธีการทางกายภาพ

ตัวอย่างวิธีการทางเคมี

วิธี Coacervation วิธีทางเคมีของการทำ Encapsulation นี้เป็นการใช้ประโยชน์จากการเกิดปรากฏการณ์คอลลอยด์ และความต่างของประจุของไฮโดรคอลลอยด์ที่ชอบน้ำ (Hydrophillic colloids) โดยมีเฟสต่อเนื่อง (Continuous phase) ซึ่งเป็นเฟสของสารที่ถูกเคลือบ (Active material) และเฟสของสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) (Risch, 1995) โดยการเคลือบนั้นจะเกิดจากการปรับประจุที่ต่างกันให้ประจุอยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง ของ hydrophillic colloids 2 ชนิด ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำทั้งหมด 3 ขั้นตอน (เบญจา, ม.ป.ป.) ได้แก่

1. การเกิดอนุภาคหรือหยดของเหลว
2. การเกิด coacervative wall
3. การแยกไมโครแคปซูลที่ได้ออกจากสารละลาย

ตัวอย่างวิธีการทางกายภาพ

1. การทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นวิธีการทำ Encapsulation ที่ใช้มานานและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง (Zuidam และHeinrich, 2009) แม้ว่าวิธีการทำ Encapsulation หลากหลายวิธีการจะถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องแต่การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากว่า 10 ปี (Re, 1998) เนื่องด้วยเป็นวิธีการที่มีความยืดหยุ่น มีความต่อเนื่อง และที่สำคัญคือมีต้นทุนต่ำ (Zuidam และHeinrich, 2009) การทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นการทำให้สารละลายหรือของเหลวเป็นละอองที่มีขนาดเล็กลง แล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน (Turchiuli และคณะ, 2005) ซึ่ง การทำแห้งแบบพ่นฝอย ประกอบไปด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ได้แก่

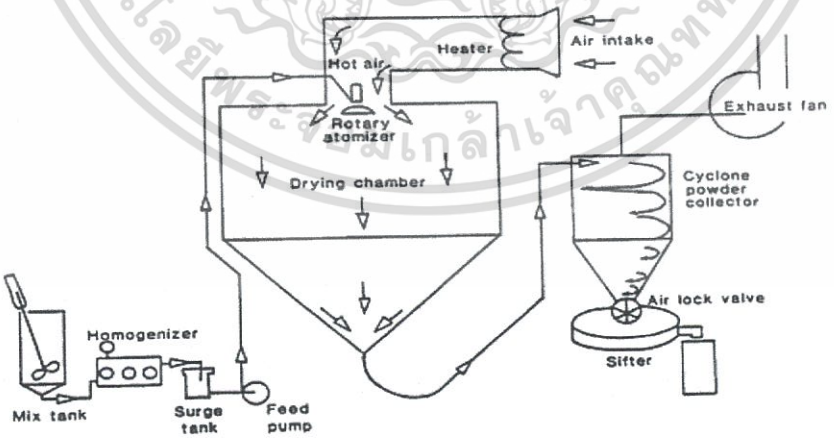
1. Atomization of feed
2. Spray air contact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Drying

4. Seperation of the dried product from the drying air

ในขั้นตอนแรก (ขั้นตอนการทำให้เป็นละออง) จะส่งของเหลวไปยัง chamber จากนั้นของเหลวจะไหลผ่านไปยังลมร้อนเพื่อให้น้ำระเหยอย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอ (Deis, 1997) เพื่อผลิตของแข็งที่มีอนุภาคขนาดเล็ก โดยมีขนาดอนุภาค 3 ถึง 100 ไมโครเมตร (Ray และคณะ, 2015) ซึ่งอุณหภูมิในการทำแห้งทั้งอุณหภูมิขาเข้า และอุณหภูมิขาออก อัตราเร็วในการ feed และอัตราเร็วของ blower มีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Daggupati และคณะ, 2011; Vicente และคณะ, 2013; Roccia และคณะ, 2014) การใช้อุณหภูมิขาออกสูง ทำให้เอมไซม์ปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางโมเลกุลไปอย่างมาก ถ้าหากอุณหภูมิขาเข้าต่ำไป น้ำจะไม่สามารถระเหยได้ในเวลาสั้นๆ และผงที่ได้ยังมีความชื้นอยู่ และจะได้ปริมาณผลผลิตน้อย และถ้าอุณหภูมิสูงไปไมโครแคปซูล (Microcapsule) จะเกิดความเสียหาย (Kha และคณะ, 2014a; Kha และคณะ, 2014b) กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นผง จากการ feed ของเหลว สามารถทำได้โดยการสะสมของการไหลภายในอุปกรณ์ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นผงติดตามผนังของเครื่อง การเกิดผงทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำ และมีความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยจึงจำเป็นต้องทำความสะอาดอยู่เสมอ และต้องเพิ่มเวลาสำหรับการทำความสะอาดมากขึ้น แต่อีกนัยหนึ่ง ผู้ผลิตต้องการลดเวลาในการทำความสะอาด เพราะนอกจากจะสามารถช่วยเพิ่มเวลาในการผลิตได้แล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วย (Langrish และคณะ, 2007)

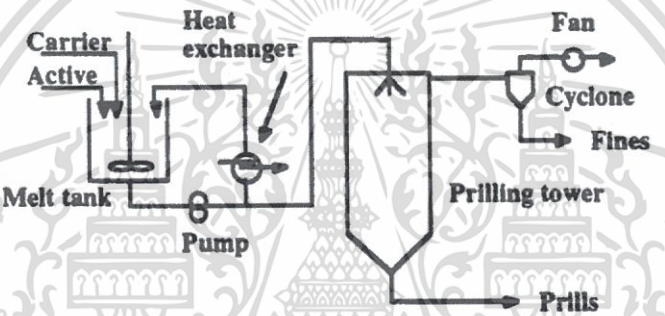


ภาพที่ 2.11 วิธีการทำ Encapsulation ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา: Madene และคณะ (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Spray chilling หรือ Spray cooling เป็นวิธีการใช้เคลือบสารที่ไม่ทนต่อความร้อนมีหลักการทำงานคล้ายกับวิธีการทำ การทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยอนุภาคจะถูกทำให้กระจายตัวอยู่ในสารละลายของสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) จากนั้นนำไปพ่นผ่านหัวสเปรย์ให้ไปสัมผัสกับลมเย็นซึ่งสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ที่ใช้ในวิธีการนี้ควรมีคุณสมบัติเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น แว็กซ์ (Wax) กรดไขมัน และสารพอลิเมอร์ (เอกลักษณ์, 2009) ความแตกต่างของวิธีการ Spray chilling และ Spray cooling คือ จุดหลอมเหลวของลิพิด โดยวิธีการ Spray chilling จะใช้อุณหภูมิ 34 ถึง 42 องศาเซลเซียส (Gouin, 2004; Zuidam และShimoni, 2009) ส่วนวิธีการ Spray cooling จะใช้อุณหภูมิจุดหลอมเหลวที่สูงกว่า อยู่ในช่วง 45 ถึง 122 องศาเซลเซียส (เบญจา, ม.ป.ป.) ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสูง และสามารถทำได้ทั้งแบบกะ และแบบต่อเนื่อง

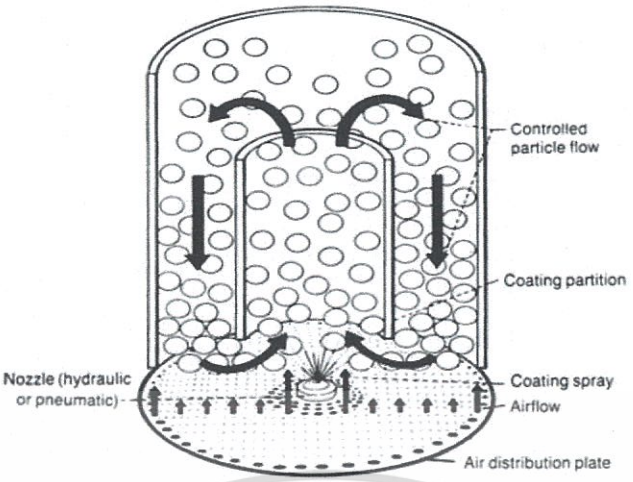


ภาพที่ 2.12 วิธีการทำ Encapsulation ด้วยวิธีการ Spray chilling หรือ Spray cooling

ที่มา: Madene และคณะ (2006)

3. Fluid bed coating คือ วิธีการทำ Encapsulation ที่เป็นการเคลือบบางๆ บนผิวอนุภาคของแข็ง (Dewettinck และHuyghebaert, 1999) นำอนุภาคที่ต้องการเคลือบเคลื่อนที่ไปในกระแสอากาศที่หมุนเวียนอยู่ภายในตัวเครื่องโดยใช้ความเร็วสูง (เบญจา, ม.ป.ป.) และหัวฉีดจะพ่นสารที่นำมาเคลือบ (Wall material) ที่เป็นของเหลวลงบนผิวของอนุภาคจากนั้นจะถูกทำให้เย็นตัวลง และเกิดการแข็งตัววิธีการนี้มีหมุนเวียนอย่างต่อเนื่องจนมีลักษณะ และความหนาตามที่ต้องการ (เอกลักษณ์, 2009) วิธีการนี้สามารถทำได้ทั้งแบบกะ และแบบต่อเนื่อง (Dewettinck และHuyghebaert, 1999) อนุภาคที่เกิดขึ้นมีขนาดประมาณ 5 ถึง 5000 ไมโครเมตร (Ray และคณะ, 2015) ซึ่งวิธีการนี้สามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า Air suspension coating (เบญจา, ม.ป.ป.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่2.13 วิธีการทำ Encapsulation ด้วยวิธีการ Fluid bed coating หรือ Air suspension coating

ที่มา: Madene และคณะ (2006)

4. Freeze drying เป็นวิธีการที่ไม่ต้องใช้ความร้อน (Wang และคณะ, 2006; Zea และคณะ, 2013) โดยมีขั้นตอนหลักทั้งหมด 4 ขั้นตอน ในการทำให้สารมีความคงตัว ซึ่งทั้ง 4 ขั้นตอนนี้คือ Freezing, Sublimation, Desorption และ Storage (Mascarenhas และคณะ, 1997) กระบวนการนี้สามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากความร้อน และการสูญเสีย compound ที่ไวต่อความร้อนได้ ด้วยเหตุนี้เอง Freeze drying (Wang และคณะ, 2006; Zea และคณะ, 2013) จึงเป็นกระบวนการที่ประสบความสำเร็จในการถนอมอาหาร เช่น รูปร่าง เส้นผ่านศูนย์กลาง สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส คุณค่าทางอาหาร และความสามารถทางชีวภาพ (Ceballos และGiraldo, 2012) โดยวิธีการนี้ทำให้เกิดอนุภาคขนาด 400 ถึง 1400 ไมโครเมตร (Ray และคณะ, 2015) ข้อเสียของ Freeze drying คือ ใช้พลังงานสูง ทำให้ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง (Jacquot และPernetti, 2003) รวมทั้งใช้ระยะเวลานาน

5. Vacuum drying เป็นวิธีการที่มีความคล้ายคลึงกับวิธีการทำ Freeze drying แต่วิธีการทำ Vacuum drying จะใช้ระยะเวลาในการทำเร็วกว่า และมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูง ใช้อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งของตัวทำละลาย (Zuidam และShimoni, 2009)

6. Electrospraying หรือ Electrospinning เป็นการเหนี่ยวนำของเหลวให้หยดผ่านสนามไฟฟ้า ซึ่งจะสร้างแรงผลักตรงข้ามกับพื้นผิวของของเหลวนั้นๆ ในระหว่างที่ของเหลวหยดไหลผ่านสนามไฟฟ้า สารละลายจะถูกทำให้ระเหย จากนั้นจะทำการสร้างไฟเบอร์ (Fibers) หรือ แคปซูล (Capsules) ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Doshi และReneker, 1995) วิธีการนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และต้นทุนการผลิตต่ำ (Torres-Giner และLagaron, 2010)

7. Pan Coating เป็นวิธีการเคลือบอนุภาคของของแข็งที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่โดยอนุภาคที่ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 500 ไมโครเมตรขึ้นไป ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมยาเป็นการนำอนุภาคของแข็งมาเคลือบด้วยตัวแล้วเคลือบด้วยสารพอลิเมอร์โดยผ่านลมร้อนสม่ำเสมออีกครั้ง (เอกลักษณ์, 2009)

8. Milt Extrusion เป็นวิธีการที่ทำให้ได้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ซึ่งอนุภาคจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 250 ไมโครเมตรไปจนถึงมิลลิเมตรโดยจะมีการใช้เครื่อง Screw Extruder และใช้สารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเพื่อเป็นสารตัวพา (carrier) นำสารให้กลิ่นรส (flavor) จากนั้นอัดและผสมเข้าด้วยกันในเครื่อง Screw Extruder และจะถูกนำมาอัดผ่านตะแกรงให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการนิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่ผลิตสารกลิ่นรสที่จะนำไปใช้ในการผลิตลูกกวาด (เอกลักษณ์, 2009)

จากตัวอย่างที่กล่าวมา เป็นกระบวนการทำ Encapsulation เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ซึ่งยังคงมีกระบวนการอื่นอีกหลายกระบวนการ ได้แก่ Coacervation, Droplet-freezing, Droplet-gelation, Extrusion, Gelation, Interfacial-polycondensation, Polymerization, Solvent-evaporation, Supercritical-fluid, Thermal-gelation และ (เอกลักษณ์, 2009) Co-crystallization, Molecular-inclusion, Liposome-entrapment และ (เบญจา, ม.ป.ป.) Ultrasonic-encapsulation (Thomas และคณะ, 2016)

การเลือกวิธีการทำ Encapsulation นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะต้องเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและสามารถรวมเข้ากับอาหารได้โดยที่ไม่ส่งผลต่อ เนื้อสัมผัส รสชาติของอาหาร (Kim และคณะ, 1996) และลักษณะของอนุภาคที่ถูกสร้างขึ้น นอกจากนี้ การเลือกกระบวนการทำ Encapsulation นอกจากจะคำนึงถึงราคาหรือต้นทุนในการผลิตแล้ว ควรจะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการทำ Encapsulation ด้วย (Augustin และ Sanguansri, 2008)

2.7.4 ประโยชน์ของการทำ Encapsulation

1. สามารถเพิ่มความคงตัวให้กับผลิตภัณฑ์ได้ในระหว่างกระบวนการผลิต ไปจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Vos และคณะ, 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำให้มีกลิ่นหอม ป้องกันการระเหย และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในอาหาร เช่น flavor-flavor interactions และ oxidation (de Roos, 2003; Madene และคณะ, 2006)

3. สามารถปกปิดความรู้สึกไม่ดีในระหว่างการรับประทาน เช่น รสขม และรสฝาด (Bell, 2001)

4. ช่วยเพิ่มความคงตัวของสารที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการแปรรูปอาหาร ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงการย่อยสลาย และการเปลี่ยนแปลงทางด้านลบได้ (Gouin, 2004; Desai และPark, 2005; Augustin และHemar, 2009; Desai และPark, 2010; Wang และBohn, 2012)

5. ป้องกันสารที่ถูกเคลือบ (Agent material) ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาต่อสภาพแวดล้อมภายนอก

6. ลด และชะลอการระเหยของสารที่ถูกเคลือบ (Agent material)

7. สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของสารตั้งต้น เพื่อให้พกพาได้สะดวกขึ้น

8. สารที่ถูกเคลือบ (Agent material) สามารถเจือจางได้ หากต้องการใช้ในปริมาณน้อย แต่ยังคงความสามารถในการกระจายตัวได้ดี

9. สามารถแยกองค์ประกอบของส่วนประกอบที่อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นได้ (Ray และคณะ, 2015)

2.7.5 การนำกระบวนการทำ Encapsulation ไปใช้ในอุตสาหกรรม

1. อุตสาหกรรมยา

การใช้วิธีการ Microencapsulation ในอุตสาหกรรมยา จะออกมาในรูปแบบแคปซูล ที่มีความสามารถในการปล่อยตัวยาให้ทำงานได้ยาวนานขึ้น หรือตัวยาสามารถออกฤทธิ์ได้เจาะจงกับอวัยวะภายในร่างกายได้มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การให้ยาแอสไพริน ไม่สามารถให้ยาในปริมาณมากภายในครั้งเดียวได้ เพราะอาจทำให้กระเพาะอาหารเกิดแผลและเลือดออก จึงใช้วิธีการ Microencapsulation เพื่อควบคุมการออกฤทธิ์ของตัวยา ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดแผลในกระเพาะอาหารได้ (เอกลักษณ์, 2009)

2. ด้านการเกษตร

ทางด้านการเกษตร มีการใช้วิธีการเคลือบ และห่อหุ้มเช่นกัน ในด้านการเกษตรนี้จะเป็นการนำยาฆ่าแมลงมาทำเป็นแคปซูล โดยผ่านวิธีการเคลือบ และห่อหุ้ม เพื่อให้มีความสามารถในการปลดปล่อยสารได้ในระยะเวลาที่นานขึ้นในปริมาณทีละน้อย วิธีการนี้ทำให้เกษตรกรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการฉีดพ่นยาฆ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมลง และไม่สิ้นเปลืองในการต้องฉีดพ่นยาบ่อยครั้ง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สภาพแวดล้อมถูกทำลายจากสารพิษตกค้าง (เอกลักษณ์, 2009)

3. อุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นหนึ่งในหลายๆ อุตสาหกรรมที่ใช้ประโยชน์จากวิธีการเคลือบ และห่อหุ้มด้วยการผลิตสารที่จะทำการเปลี่ยนสถานะเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง เช่น หากอากาศร้อน ตัวสารที่แทรกซึมอยู่ในผ้าจะเกิดการละลาย ทำให้อากาศสามารถผ่านเข้าออกตัวผ้าได้ เป็นผลทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกเย็นสบาย และเมื่ออากาศเย็นลง ตัวสารจะแข็งตัว ทำการปิดกั้นช่องว่างระหว่างเส้นใยเพื่อเพิ่มความอบอุ่นให้แก่ผู้สวมใส่ (เอกลักษณ์, 2009)

4. อุตสาหกรรมอาหาร

ในอุตสาหกรรมอาหาร กระบวนการ Encapsulation สามารถใช้ได้กับหลากหลายแนวทาง Encapsulation เป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งผ่านสารชีวโมเลกุล (เช่น antioxidants,minerals, vitamins, phytosterols, lutein, fatty acids, lycopene) และเซลล์ที่อยู่ในร่างกาย (เช่น probiotics) ไปยังอาหาร (Wandrey และคณะ, 2009; Zuidam และNedovic, 2009; Vos และคณะ, 2010)

โดยวิธีการเคลือบ และห่อหุ้ม มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องปรุง (Flavoring) เนื่องจากวิธีการเคลือบ และห่อหุ้มทำให้เกิดการรวมตัวกันของ hydrophobic flavors และเพิ่มความสามารถในการคงตัวทางเคมีของของเหลว หรือ solid food flavorings นอกจากนี้ยังควบคุมการปลดปล่อยของกลิ่นได้อีกด้วย (Dziezak, 1988; Shahidi และHan, 1993; King, 1995)

วิธีการเคลือบ และห่อหุ้ม ถูกใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันสภาพแวดล้อม ปฏิกิริยาเคมี และเพิ่มความสามารถในการคงตัวของอุณหภูมิ ความชื้น ปฏิกิริยา oxidation และแสง เพื่อยืดอายุการใช้งานของอาหาร (Barbosa-Canovas และคณะ, 2005) นอกจากนี้ สารบางชนิดที่ให้กลิ่นรสจะเกิดการระเหยง่าย และสูญเสียคุณสมบัติในระหว่างขั้นตอนการผลิต รวมไปถึงวิตามินหลายชนิดซึ่งไวต่อออกซิเจน และแสงสว่าง ทำให้สูญเสียคุณค่าบางอย่างไปในระหว่างปรุงหรือถนอมอาหาร จึงใช้ประโยชน์จากวิธีการ Microencapsulation เพื่อรักษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ (เอกลักษณ์, 2009)

มีสารจำนวนมากที่ถูกนำมาใช้ในการเคลือบ และห่อหุ้ม ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งมีชนิดและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยการเคลือบ และห่อหุ้มทางด้านอาหาร จะมีความเข้มงวดมากกว่าทางเภสัชกรรม ในขณะที่สสารบางตัวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการผลิตยา แต่ในด้านอุตสาหกรรมอาหารนั้นยังไม่ได้รับการอนุญาตให้ใช้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสสารเหล่านี้ยังไม่ได้รับการรับรองเพื่อใช้ในกระบวนการทำอาหาร ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการทำอาหารต่างๆ ควรจะมีขั้นตอนการผลิตที่มีความปลอดภัยตามความต้องการของหน่วยงานการปกครอง เช่น European Food Safety Authority (EFSA) หรือ Food and Drug Administration (FDA) ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Wandrey และคณะ, 2009)

2.8 สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer)

สารเพิ่มความคงตัวช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในไอศกรีมโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะการเก็บที่อุณหภูมิไม่คงที่การผลิตไอศกรีมโดยปกติแล้วใช้สารเพิ่มความคงตัวในปริมาณน้อยจึงมีผลต่อคุณค่าทางอาหาร และกลิ่นรสเล็กน้อยสารเพิ่มความคงตัวทุกชนิดมีสมบัติในการอุ้มน้ำสูงซึ่งมีผลทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ให้รูปร่างต่อไอศกรีม และช่วยให้ไอศกรีมละลายช้าลง แต่ไม่มีผลต่อจุดเยือกแข็ง นอกจากนี้สารเพิ่มความคงตัวยังทำให้ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลงการใช้สารเพิ่มความคงตัวมากเกินไปทำให้ได้ไอศกรีมมีสมบัติการละลายไม่ดีไอศกรีมเหนียวแฉะมีเนื้อหยาบ และหลอมละลายยาก ปริมาณ และชนิดของสารเพิ่มความคงตัวที่ใช้ขึ้นกับองค์ประกอบหรือชนิดของไอศกรีมมิกซ์เวลาในการแปรรูป ความดัน อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และอาจมีปัจจัยอื่นร่วมด้วย (จิตติมา และคณะ, 2549)

2.8.1 คาราจีแนน (Carrageenan)

คาราจีแนนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ซัลเฟตที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง คือ *Chrondruscrispus* และ *Gigartinastellata* คาราจีแนนแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ แคปปา (kappa) ไอโอตา (iota) และแลมบ์ดา (lambda) แคปปา และไอโอตา มีสมบัติเกิดเจลได้ต่อเมื่อมีโพแทสเซียมไอออน ส่วนแลมบ์ดาไม่สามารถเกิดเจลได้คาราจีแนนละลายได้ดี และมีความคงตัวที่ pH สูงกว่า 7 ถ้า pH ต่ำกว่า 7 ความคงตัวจะลดลง โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในภาวะที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูงปนอยู่ในสารละลาย (นิธิยา, 2545) การใช้คาราจีแนนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะมีคุณสมบัติในการป้องกันการตกตะกอนของเวย์โปรตีน และการแยกตัวของของเหลว (syneresis) คาราจีแนนจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้ส่วนผสมของไอศกรีมมีความข้นหนืดสูงมักใช้ร่วมกับสารเพิ่มความคงตัวชนิดอื่นเพื่อป้องกันการแยกตัวของน้ำระหว่างการละลาย และเพื่อให้ได้ผลควรได้รับความร้อนมากกว่า 70 องศาเซลเซียสขึ้นไป (Andreasen และNielsen, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 โลคัสบีนกัม (Locust bean gum)

โลคัสบีนกัมได้มาจากพืชในส่วนเอนโด-สเปิร์มของเมล็ดจากต้น carob หรือ locust bean (*Ceratoniasiliqua*) ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นในพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง โลคัสบีนกัมไม่ละลายในน้ำเย็น ต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลายจะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อได้รับความร้อนสูงถึง 95 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำให้เย็นลงปัจจุบันได้พัฒนาให้มีสมบัติพองตัวได้ในน้ำเย็น และนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นม (นิธิยา, 2545) การนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะให้ความข้นหนืด และเนื้อสัมผัสที่ดีแม้ว่าจะมีเวย์แยกตัวออกมาบ้างการละลายต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที และจะละลายอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิพาสเจอไรส์มีคุณสมบัติการหลอมเหลวในไอศกรีมได้ดีแต่อาจกระตุ้นการแยกตัวของเวย์เมื่อไอศกรีมละลายควรใช้ร่วมกับคาราจีแนน

2.8.3 กัวกัม (Guar gum)

กัวกัมได้จากเอนโดสเปิร์มของเมล็ดจากต้น guar (*Cyamopsistetragonolobus*) ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่ว กัวกัมไม่สามารถเกิดเจลได้แต่อุ้มน้ำ และกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็นสารละลายที่ได้มีความหนืดสูง และให้ความหนืดสูงสุดภายหลังเวลานาน 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้มากขึ้น และมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย จึงใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด ความหนืดของสารละลายกัวกัมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา การคน และขนาดของอนุภาค (นิธิยา, 2545) การใช้กัวกัมทำให้เนื้อมีลักษณะแน่นเนื้อมากขึ้น แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดลักษณะเป็นเมือก และยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ไอศกรีม

ไอศกรีมเป็นอาหารประเภทคอลลอยด์ที่ซับซ้อน ประกอบไปด้วยฟองอากาศ เม็ดไขมัน ผลึกน้ำแข็ง และส่วนที่ไม่เกิดการแข็งตัว (Goff, 1997) ไอศกรีมที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมทั่วไปมักจะมีส่วนผสมดังที่แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ส่วนผสมพื้นฐานในไอศกรีมในอุตสาหกรรมทั่วไป

ส่วนประกอบ	ปริมาณ(%)
ไขมันนม	10 - 16
ของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมัน	9 - 12
ซูโครส	9 - 12
คอร์นไซรัป	4 - 6
สารเพิ่มความคงตัว/อิมัลซิไฟเออร์	0 - 0.5
ของแข็งทั้งหมด	36 - 45
น้ำ	55 - 64

ที่มา: Goff (1997)

2.9.1 วิธีการทำไอศกรีมในอุตสาหกรรมทั่วไป

ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการผสม (Prepared or mix manufacture) ซึ่งประกอบไปด้วยหลายขั้นตอนดังนี้

1.1 การรวมกัน และการผสม (Combination and Blending) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ส่วนผสมของแข็ง และของเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

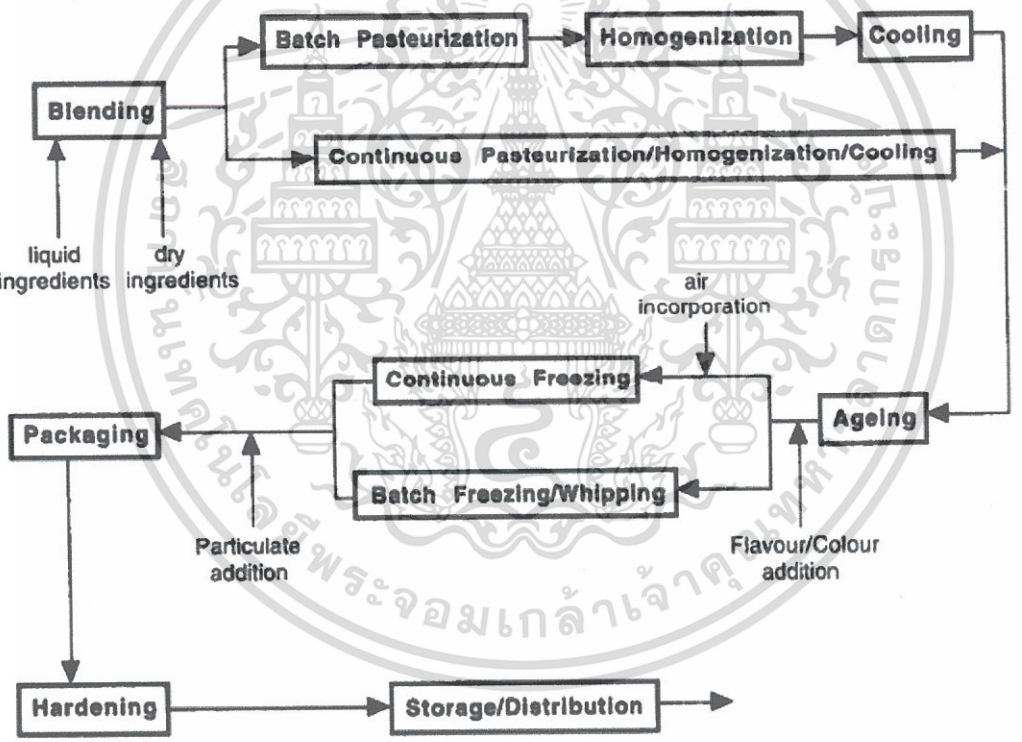
1.2 การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) มีทั้งแบบกะ (Batch) และแบบต่อเนื่อง (Continuous) อุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์ประมาณ 70 ถึง 80 องศาเซลเซียส เป็นการฆ่าเชื้อที่ทำให้เกิดโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 Homogenization อุณหภูมิที่ใช้ในการ homogenized ประมาณ 70 ถึง 80 องศาเซลเซียส ในนมที่มีไขมันร้อยละ 3.5 การโฮโมจีไนส์จะเป็นการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไขมันลงจาก 3.3 ไมโครเมตร เป็น 0.4 ไมโครเมตร เพิ่มพื้นที่จาก 0.08 เป็น 0.75 ตารางเมตรต่อมิลลิลิตร และเพิ่มจำนวนเม็ดไขมันเพิ่มขึ้นจาก 0.015 เป็น 12 ลูกบาศก์ไมโครเมตร (Walstra และJenness, 1984)

1.4 การลดอุณหภูมิ (Cooling) ลดอุณหภูมิส่วนผสมไอศกรีมเหลวลงจนถึงอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.5 การบ่ม (Ripening) ส่วนผสมหลังจากการ cooling จะนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ถึง 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ถึง 16 ชั่วโมง



ภาพที่ 2.14 ขั้นตอนการผสมไอศกรีม

ที่มา: Goff (1997)

ขั้นตอนการผสมมีส่วนผสมหลักคือ ไขมัน โปรตีน สารแทนความหวาน และน้ำ ซึ่งส่วนผสมพื้นฐานจะมี ไขมันจากนมอยู่ประมาณร้อยละ 10 ส่วนผสมของครีม และของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมันประมาณร้อยละ 10

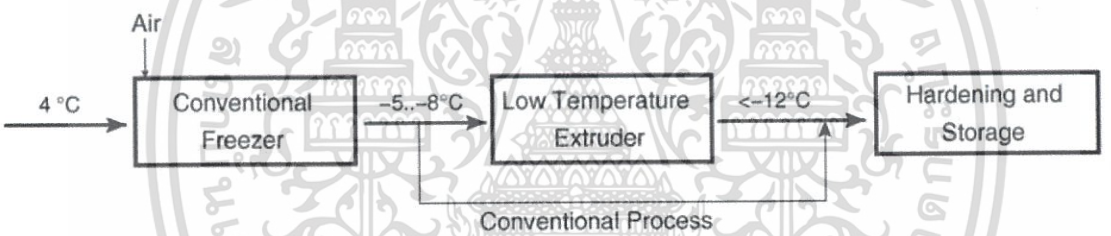
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสารแทนความหวานประมาณร้อยละ 15 ไขมันนมเกิดการละลายในช่วงอุณหภูมิ -15 ถึง 35 องศาเซลเซียส (Marshall และArbuckle, 1996; Eisner และคณะ, 2005)

2. ขั้นตอนการแช่แข็ง (Freezing operation) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย

2.1 หลังจากผ่านขั้นตอนการผสมแล้ว จะนำไปผ่านกระบวนการการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยวิธี swept-surface ภายใต้แรงเค้นเฉือนสูงเพื่อทำให้นิวเคลียสผลึกน้ำแข็ง และฟองอากาศเกิดการรวมตัวกัน

2.2 บรรจุไอศกรีมโดยใช้วิธีการแช่แข็งแบบรวดเร็ว ขนาดผลึกน้ำแข็งที่ได้จะมีขนาดเล็ก ตู้แช่แข็งไอศกรีม จะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง -4 ถึง -8 องศาเซลเซียส และร้อยละ 30 ถึง 40 ของน้ำจะเกิดการแข็งตัว ส่วนที่เหลือจะเป็นส่วนของของเหลวที่ไม่เกิดการแข็งตัว ฟองอากาศ และผลึกน้ำแข็ง มีขนาดอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 ไมโครเมตร (Caldwell และคณะ, 1992; Eisner และคณะ, 2005; Goff, 1997)



ภาพที่ 2.15 ขั้นตอนในการแช่แข็งไอศกรีม

ที่มา Eisner และคณะ (2005)

2.9.2 นม

นมได้รับการบริโภคอย่างกว้างขวางเนื่องจากนมมีแหล่งสารอาหารที่สำคัญหลายอย่าง เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แลคโตส ไขมัน รวมถึง ไบโอเอคทีฟเปปไทด์ สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย อุดมไปด้วยกรดไขมัน และโอเมก้าสาม ตัวอย่าง เช่น นมเป็นไขมันหลักในอาหาร ตามสถิติแล้ว จะมีอยู่ร้อยละ 18 ถึง 24 ของปริมาณไขมันทั้งหมด และร้อยละ 30 ถึง 40 ของกรดไขมันอิ่มตัว และร้อยละ 20 ถึง 25 ของกรดไขมันทรานส์จากปริมาณที่บริโภค (Min Chung และคณะ, 2015; Nunez-Sánchez และคณะ, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 คุณภาพและมาตรฐานไอศกรีม

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 พ.ศ.2556 ไอศกรีมทุกชนิด ยกเว้นไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสม ชนิดเหลว หรือแห้ง หรือผงต้องผ่านกรรมวิธีตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การผ่านความร้อน ต้องผ่านกรรมวิธีหนึ่งวิธีใด ดังนี้

1.1 ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิที่ไม่ต่ำกว่า 68.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาทีหรือ

1.2 ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 25 วินาที และจะต้องมีเครื่องวัดอุณหภูมิพร้อมด้วยเครื่องบันทึกอัตโนมัติแสดงอุณหภูมิเวลาที่ใช้จริง หรือ

1.3 ทำให้ร้อนโดยกรรมวิธีอื่นตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเห็นชอบด้วย

2. ทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้

3. ปั่น กวน หรือผสม แล้วแต่กรณี และทำให้เยือกแข็งที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า -2.2 องศาเซลเซียส ก่อนบรรจุลงในภาชนะบรรจุเพื่อจำหน่าย และต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า -2.2 องศาเซลเซียสนี้จนกว่าจะจำหน่าย

ไอศกรีม ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1. ไอศกรีมนม ต้องมีมันเนยเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก และมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก

2. ไอศกรีมดัดแปลง ต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

3. ไอศกรีมผสม ต้องมีมาตรฐานเช่นเดียวกับ ไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลง แล้วแต่กรณี ทั้งนี้โดยไม่นับรวมน้ำหนักของผลไม้หรือวัตถุที่เป็นอาหารอื่นผสมอยู่

4. ไอศกรีมหวานเย็น และไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง ไอศกรีมผสมต้อง

4.1 ไม่มีกลิ่นหืน

4.2 ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลได้ โดยให้ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับบลิว เอช โอ, โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO Codex) ที่ว่าด้วยเรื่องวัตถุเจือปนอาหาร

4.3 ไม่มีวัตถุกันเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 มีบักเตรีได้ไม่เกิน 600,000 อาหาร 1 กรัม

4.5 ตรวจไม่พบบักเตรีชนิด อี.โคไล (*Escherichia coli*) ในอาหาร 0.01 กรัม

4.6 จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

4.7 ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

5. ไอศกรีมชนิดเหลวต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตาม ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสม แล้วแต่กรณี และต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตาม ไอศกรีมหวานเย็นด้วย

6. ไอศกรีมชนิดแห้ง หรือผง ต้องมีคุณภาพ หรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

6.1 ไม่มีกลิ่นหืน

6.2 มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของไอศกรีมชนิดนั้น

6.3 มีลักษณะไม่เกาะเป็นก้อน ผิดไปจากลักษณะที่ทำขึ้น

6.4 ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลได้ โดยให้ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับบลิว เอช โอ, โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO Codex) ที่ว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร

6.5 ไม่มีวัตถุกันเสีย

6.6 มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

6.7 มีบักเตรีได้ไม่เกิน 600,000 ในอาหาร 1 กรัม

6.8 จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

6.9 ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ขิงผง จากบริษัทตั้งง่วนเซ้ง

มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) DE:20, BREANNTAG, ไทย

คาราจีแนน (Carrageenan), BRENNTAG, ไทย

กัวกัม (Guar gum), Chemipan, จีน

โลคัสบีนกัม (Locust bean gum), Sigma, สหรัฐอเมริกา

วิปปิ้งครีม, โฟร์โมสต์, ไทย

นมยูเอชทีรสจืด, โฟร์โมสต์, ไทย

กาแฟสำเร็จรูปแอสเพสโซ, เขาช่อง, ไทย

น้ำตาลทราย, ลิน, ไทย

ไข่ไก่เบอร์ 2, เบทาโกร, ไทย

3.1.2 สารเคมี

สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95, TS Interlab, ไทย

Folin-Ciocalteau Reagent, CARLO ERBA, อิตาลี

กรดแกลลิก (Gallic acid), Sigma-Aldrich, สหรัฐอเมริกา

3.2 อุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง: SI-234, Denver Instrument, เยอรมัน

เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง: ARC120, Ohaus, สหรัฐอเมริกา

เครื่องเขย่า (Mechanical shaker), Gerhart, เยอรมัน

เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (Centrifuge): Universal 320, Hettich, เยอรมัน

เครื่องกรองสุญญากาศ, ABM Greiffenberger, เยอรมัน

เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator), R-200, BUCHI, ญี่ปุ่น

เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer: UV 1601, Shimadzu, ญี่ปุ่น

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer): SDE-5 EURO, best, ไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผสมสาร (Vortex mixture): SI-0236, Scientific Industries, สหรัฐอเมริกา

เครื่องทำไอศกรีม: LX-1015M, จีน

ตู้เย็น: WRN-S423, Whirlpool, เกาหลี

ตู้แช่แข็ง: SNH-0203D41C, SANDENINTERCOOL, ไทย

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบขิงผง

ขิงผง บรรจุในภาชนะบรรจุที่เป็นถุงฟอยด์สีเงินที่สะอาด และปิดสนิท เก็บไว้ในที่แห้งเพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.3.2 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารประกอบในขิงที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80

3.3.2.1 การเตรียมสารสกัดจากขิง

เตรียมสารละลายเอทานอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 และร้อยละ 80 (ปริมาตรต่อปริมาตร) จากนั้นนำขิงผง มาทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยใช้ขิงผงต่อสารละลายเอทานอลเป็นสัดส่วน 1 ต่อ 4 ใส่ลงในฟลาสก์รูปชมพู่ แล้วทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่า Mechanical shaker ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำเช่นเดียวกันกับสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 โดยเปลี่ยนเป็นใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 แทน เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด นำสารละลายไปแยกตะกอนออกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน ที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที และทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 (Adel และPrakash, 2010) และระเหยจนกระทั่งสารละลายเอทานอลระเหยออกไปจนหมดด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Nagendra chari และคณะ, 2013) แล้วนำสารสกัดที่สกัดได้มาใช้ในการศึกษาต่อไป

3.3.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดจากขิง

นำสารสกัดจากขิงที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 มาทำการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteau ในการทดลองใช้สารสกัดจากขิงที่สกัดได้ นำมาปรับสัดส่วนให้ได้ 1 ต่อ 10 ด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 จากนั้นดูดสารสกัดที่ปรับสัดส่วนแล้วมา 0.2 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลอง ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสารละลาย Folin-Ciocalteau Reagent (ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้สัดส่วน 1 ต่อ 10) ลงไป 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 นาที เมื่อครบเวลาแล้วใส่สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลงไป 0.8 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน และนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้จากตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดจากสารสกัดที่ได้ต่อไป (Nagendra chari และคณะ, 2013)

จากนั้นเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดจากขิงที่สกัดได้ด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ว่าสารสกัดจากตัวทำละลายใดมีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดมากกว่ากัน จากนั้นนำสารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดมากที่สุดไปทำ Encapsulation ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อไปเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อไป

3.3.3 การศึกษาอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่ 160 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของการสกัดที่ทำ Encapsulation

3.3.3.1 การเตรียมสารผสมสำหรับการทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำ Maltodextrin (DE:20) 25 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 475 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำสารสกัดจากขิงที่ได้จากขั้นตอน 3.3.2.1 9.5 กรัม มาผสมกับ Maltodextrin (DE:20) ที่ละลายในน้ำกลั่นแล้ว จากนั้นทำการ homogenized ที่ความเร็วรอบ 19000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำสารผสมที่ผ่านการ homogenized แล้วไปทำแห้งแบบพ่นฝอยในขั้นตอนต่อไป (Simon-Brown และคณะ, 2016)

3.3.3.2 การทำแห้งสารผสมด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

กำหนดสภาวะการทำแห้ง ที่อุณหภูมิขาเข้า 2 ระดับ คือ 160 และ 180 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขาออก 100 องศาเซลเซียส อัตราเร็วของ blower 42 รอบต่อนาที อัตราเร็วในการ feed 7 มิลลิลิตรต่อนาที แรงดันของท่อ feed 0.1 เมกะปาสคาล และแรงดันของท่อ Hammer 0.3 เมกะปาสคาล จากนั้นทำการเก็บขิงสกัดผงที่ได้เพื่อใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไป

3.3.3.3 การเตรียมสารสกัดหลังการทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำขิงสกัดผง ที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย ข้อ 3.3.3.2 ปริมาณ 25.02 กรัม ที่ได้จากการคำนวณเทียบปริมาณสารสกัดย้อนกลับ (ภาคผนวค ฉ.2) แล้ว มาทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 80 โดยใช้ขิงสกัดผงต่อสารละลายเอทานอล เป็นสัดส่วน 1 ต่อ 4 ใส่ลงในฟลาสก์รูปชมพู่ แล้วทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่า Mechanical shaker ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด นำสารละลายไปแยกตะกอนออกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน ที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที และทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 (Adel และ Prakash, 2010) และระเหยจนกระทั่งสารละลายเอทานอล ระเหยออกไปจนหมดด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Nagendra chari และคณะ, 2013) แล้วนำสารสกัดที่สกัดได้มาใช้ในการศึกษาต่อไป

3.3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดหลังการทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำสารสกัดจากขิงสกัดผงที่ได้จากการทำแห้งที่อุณหภูมิขาเข้า 2 ระดับ คือ 160 และ 180 องศาเซลเซียส มาทำการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteau ในการทดลองใช้สารสกัดจากขิงสกัดผงที่ได้ ปรับสัดส่วนให้ได้ 1 ต่อ 10 ด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 จากนั้นดูดสารสกัดมา 0.2 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลอง ตามด้วยใส่สารละลาย Folin-Ciocalteau Reagent (ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้สัดส่วน 1 ต่อ 10) ลงไป 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 นาที เมื่อครบเวลาแล้วใส่สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลงไป 0.8 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งที่ไว้อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน และนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้จากตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดจากสารสกัดที่ได้ต่อไป (Nagendra chari และคณะ, 2013)

จากนั้นเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดจากขิงสกัดผงที่ได้จากการทำแห้งที่อุณหภูมิขาเข้า 2 ระดับ คือ 160 และ 180 องศาเซลเซียส ว่าสารสกัดจากอุณหภูมิใดมีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดมากกว่ากัน จากนั้นนำขิงสกัดผงที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดมากที่สุดไปใส่ลงในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมต่อไป

3.3.4 การศึกษาสารเพิ่มความคงตัว กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม ที่มีผลต่อการขึ้นฟู และการละลายของไอศกรีม

3.3.4.1 การเตรียมและศึกษาสารเพิ่มความคงตัว 3 ชนิดต่อการขึ้นฟูของไอศกรีม

ผสมวิปปิ้งครีม 233 กรัม และ นมวัวยูเอชที 197 กรัม ให้เข้ากัน เติมส่วนผสมน้ำตาลทราย 80 กรัม สารเพิ่มความคงตัว กัวกัม 0.6 กรัม และผงกาแฟสำเร็จรูป 5 กรัม นำไปให้ความร้อน คนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดเวลาจนส่วนผสมเข้ากันดี และมีอุณหภูมิถึง 70 องศาเซลเซียส จึงใส่ไข่ไก่ลงไป คนอย่างรวดเร็วจนส่วนผสมเข้ากันจึงนำลงจากเตาทันที หลังจากนั้นจึงนำไปกรองผ่านตะแกรง ขนาด 1x1 มิลลิเมตร และลดอุณหภูมิลงในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกมาจากตู้เย็น วัดการขึ้นฟูของไอศกรีมก่อนทำการปั่น โดยชั่งน้ำหนักไอศกรีมในถ้วยที่ทราบน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักของไอศกรีมเหลว หลังจากปั่นไอศกรีมเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำส่วนผสมของไอศกรีมไปปั่นเป็นเวลา 20 นาทีแล้วจึงนำไอศกรีมที่ทำการปั่นเสร็จแล้วชั่งน้ำหนักโดยใช้ถ้วยใบเดิม บันทึกน้ำหนักไอศกรีม สามารถหาค่าการขึ้นฟูได้จากสมการ

$$\text{ค่าการขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \left[\frac{(\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม})}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}}\right] \times 100$$

จากนั้นทำซ้ำโดยเปลี่ยนสารเพิ่มความคงตัวจากกัวกัม เป็น คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม จากนั้นจึงนำค่าการขึ้นฟูมาเปรียบเทียบกัน

3.3.4.2 การเตรียมและศึกษาสารเพิ่มความคงตัว 3 ชนิดต่อผลของการละลายของไอศกรีม

นำไอศกรีมที่ใช้สารเพิ่มความคงตัวทั้ง 3 ชนิด ที่ผ่านการปั่น และแช่แข็งแล้ว ไปวางบนตะแกรงลวด ขนาด 1x1 มิลลิเมตร ที่อยู่บนกรวยซึ่งรองรับด้วยบีกเกอร์ที่ทราบน้ำหนัก 50 กรัม จากนั้นบันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายทุกๆ 10 นาที เป็นเวลาทั้งหมด 40 นาที ภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง 25±1 องศาเซลเซียส สามารถหาค่าการละลายได้จากสมการ

$$\text{ค่าการละลาย (ร้อยละ)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น}}\right] \times 100$$

จากนั้นเปรียบเทียบสารเพิ่มความคงตัวทั้ง 3 ชนิดโดยเลือกชนิดที่ให้ผลการขึ้นฟูของไอศกรีมและการละลายที่ดีที่สุดมาใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในการทดสอบความชอบไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงต่อไป

3.3.5 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25

3.3.5.1 การเตรียมไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผง

ชั่งน้ำหนักวิปปิ้งครีม 233 กรัม และ นมวัวยูเอชที 197 กรัม ผสมให้เข้ากัน เติมส่วนผสมน้ำตาลทราย 80 กรัม สารเพิ่มความคงตัวโลคัสบีนกัม 0.6 กรัม ผงกาแฟสำเร็จรูป 5 กรัม และปรับเปลี่ยนปริมาณขิงสกัดผงที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 ตามลำดับ จากนั้นนำไปให้ความร้อน คนผสมตลอดเวลาจนส่วนผสมเข้ากันดี และมีอุณหภูมิถึง 70 องศาเซลเซียส จึงใส่ไข่ไก่ลงไป คนอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็วจนส่วนผสมเข้ากันจึงนำลงจากเตาทันที หลังจากนั้นจึงนำไปกรองผ่านตะแกรง ขนาด 1x1 มิลลิเมตร และลดอุณหภูมิลงในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำส่วนผสมของไอศกรีมเหลวไปปั่นเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำกลับไปแช่แข็งในตู้แช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก ByronT. 2014. Rainbow Sherbet. [Online]. Available : http://www.byrontallbott.com.11December2015)

3.3.5.2 การทดสอบความชอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบความชอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกาแฟผสมขิงผงสกัดแบบ 9 point hedonic scale และจำนวนผู้ทดสอบ 30 คน ทดสอบการให้คะแนนความชอบในด้านของ สี กลิ่นขิง รสขม รสเผ็ด เนื้อสัมผัส และความชอบทั้งหมด

3.3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองทุกการทดลองตรวจวัดทั้งหมด 3 ซ้ำ (triplicates) และทำซ้ำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำของการทดลอง ($n \geq 3$)

การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารประกอบในขิงที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 โดยวิธี Folin-Ciocalteau Method โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยปริมาณของสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่ได้ โดยใช้ t-test

การศึกษาอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่ 160 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของการสกัดที่ทำ Encapsulation โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยปริมาณของสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดก่อนทำแห้ง และหลังทำแห้ง โดยใช้ t-test

การศึกษาสารเพิ่มความคงตัว กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม ที่มีผลต่อการขึ้นฟู และการละลายของไอศกรีม โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple-Range Test)

การทดสอบความชอบไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 0.25 ของขิงสกัดผง ใช้แบบทดสอบ Scoring test (9 point hedonic scale) โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Random Complete Block Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple-Range Test)

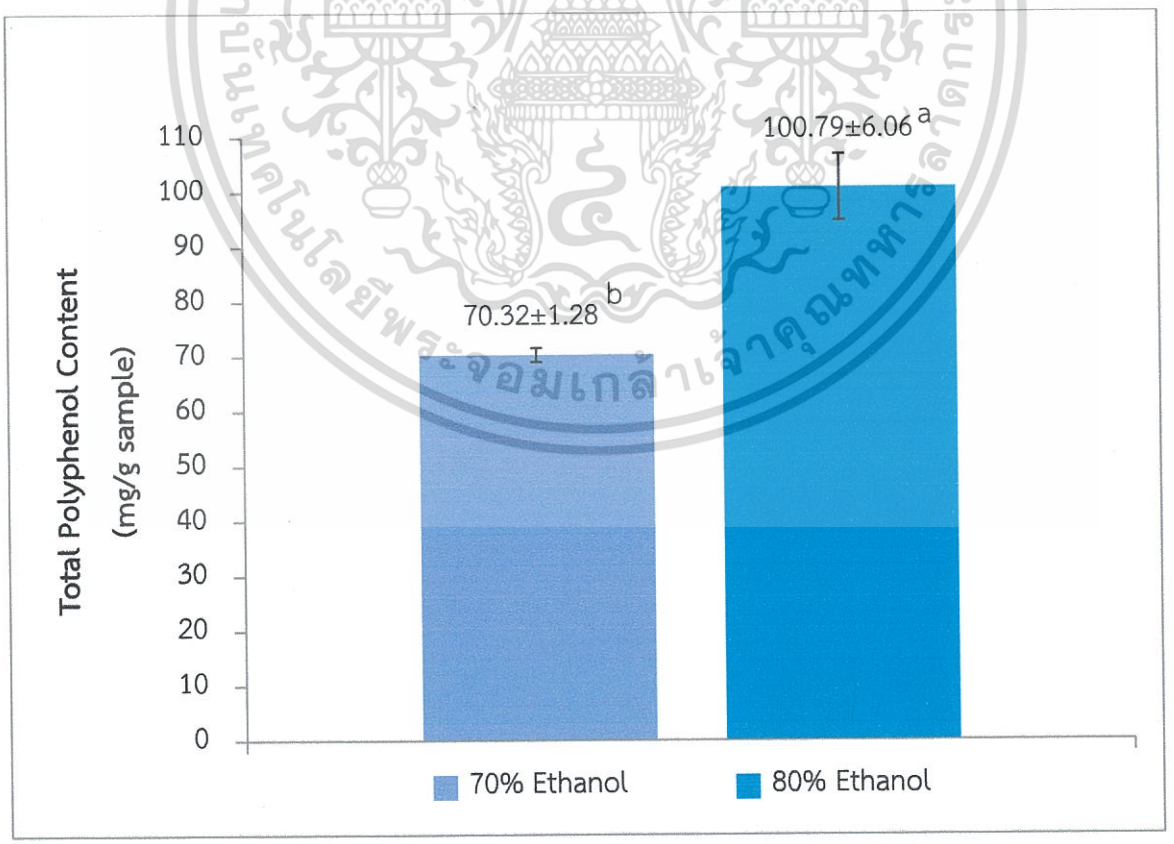
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารประกอบในขิงที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80

ผลการทดลองการหาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดที่สกัดได้จากสารละลายเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 2 ระดับ คือ สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 แสดงดังภาพที่ 4.1 พบว่าการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดเท่ากับ 70.32 ± 1.28^{b} และ 100.79 ± 6.06^{a} มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบว่าสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 สามารถสกัดสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดจากขิงผงได้ในปริมาณที่สูงกว่า สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70



ภาพที่ 4.1 Total polyphenol content of crude ginger extracts by Folin-Ciocalteau method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีความสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา ดังนี้

จากรายงานการวิจัยของ Adel และPrakash (2010) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของเหง้าขิง โดยใช้เหง้าขิงที่ทำแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการบด และเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น จากนั้นทำการสกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าการใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 และ 80 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด 565±4.1 และ 800±4.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ พบว่าการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในปริมาณที่สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 มีความเหมาะสม หรือจำเพาะกับการสกัดสารสกัดจากขิงเพื่อให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในปริมาณมากซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของผู้วิจัย

Nagendra chari และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาการใช้เอนไซม์ในการช่วยสกัดสารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในขิง เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด พบว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จากการทดลองพบว่าได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดสูงที่สุด คือ 37.5 มิลลิกรัมต่อกรัมเรซิน ซึ่งพบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 มีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดต่ำกว่าการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 80 จากที่ผู้วิจัยทำการทดลองซึ่งมีปริมาณ 100.79±6.06 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวอย่าง อาจเป็นเพราะความมีขั้วของสารประกอบฟีนอร์ลิกในขิงโดยส่วนใหญ่นั้นมีความมีขั้วอยู่ในระดับเดียวกันกับความมีขั้วของสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80

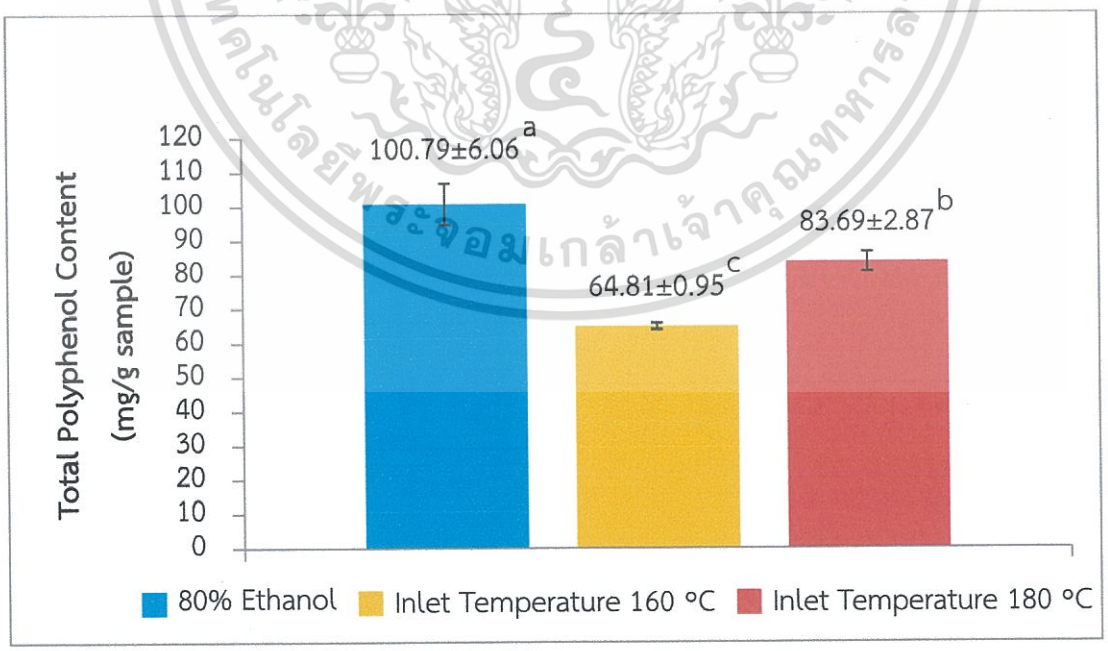
จากการศึกษาตัวแปรทางเคมี และสารต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้งทั้ง 3 รูปแบบ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ประกอบด้วย ขิงที่ผ่านการทำแห้งใหม่ๆ ขิงที่ผ่านการทำแห้งมาระยะหนึ่ง และขิงแห้งผง เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด ซึ่งใช้วิธีการสกัดแบบ solid-liquid extraction ด้วยสารละลายเมทานอล ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และกำจัดตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเตรียมความเข้มข้นของสารสกัดสุดท้ายที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกรัม จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau พบว่าขิงที่ผ่านการทำแห้งมาระยะหนึ่งแล้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดสูงที่สุด ตามด้วยขิงที่ผ่านการทำแห้งใหม่ๆ และพบว่าขิงแห้งผงมีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 169.59 ± 1.43^{a} 160.13 ± 4.39^{b} และ 128.43 ± 0.59^{c} มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของสารสกัด ตามลำดับ ซึ่งพบว่าขิงแห้งผงที่ทางผู้วิจัยได้ทำการสกัดนั้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดแตกต่างกันเล็กน้อยกับขิงแห้งผงของ Jelled

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคณะ (2015) อาจเป็นเพราะแหล่งของขิง สายพันธุ์ของขิง และสารละลายที่ใช้ในการสกัดที่แตกต่างกัน จึงมีผลทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดมีความใกล้เคียงกัน

4.2 ผลของการศึกษาอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่ 160 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของการสกัดที่ทำ Encapsulation

ผลการตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่ได้จากการทำ Encapsulation ที่อุณหภูมิขาเข้า 2 ระดับ คือ 160 และ 180 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 4.2 พบว่าสารสกัดที่ได้จากการทำ Encapsulation ที่อุณหภูมิขาเข้า 160 และ 180 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดเท่ากับ 64.81 ± 0.95^{c} และ 83.69 ± 2.87^{b} มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดที่ได้จากการทำ Encapsulation ที่ระดับอุณหภูมิขาเข้าที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบว่าสารสกัดที่ได้จากการทำ Encapsulation ที่อุณหภูมิขาเข้า 180 องศาเซลเซียส มีสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดจากขิงสกัดผงในปริมาณที่สูงกว่าสารสกัดที่ได้จากการทำ Encapsulation ที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.2 Total polyphenol content of crude ginger extracts and spray-dried ginger extracts with two different inlet temperatures by Folin-Ciocalteau method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรายงานการวิจัยของ Adam และคณะ (2015) ได้ทำการทดลองนำอบเชยมาสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาผสมกับ Maltodextrin จากนั้นทำการ homogenized และนำมาทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยกำหนดอุณหภูมิขาเข้า 3 ระดับ คือ 140 160 และ 180 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการ feed 2 ระดับ คือ 8 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที ความดันที่ 6.5 บาร์ จากการทดลองพบว่าผงอบเชยที่ใช้อุณหภูมิขาเข้า 180 องศาเซลเซียส ที่อัตราเร็วในการ feed ทั้ง 2 ระดับ ให้ผลปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดสูงที่สุด โดยที่อัตราเร็วในการ feed 8 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที ให้ผลปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด คือ 18.77±0.80 และ 20.17±0.81 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม ตามลำดับในขณะที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มีอัตราเร็วในการ feed 8 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที ให้ผลปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด คือ 18.43±0.04 และ 16.39±0.83 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผงอบเชยที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ให้ผลปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดสูงกว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เนื่องจากเกิดผลกระทบย้อนกลับเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส จากแนวโน้มที่ย้อนกลับแบบนี้อาจอธิบายได้ว่าเกิดการสังเคราะห์ของสารประกอบกลุ่มฟีนอลและฟลาโวนอยด์ และอาจเกิดปฏิกิริยา โพลิเมอไรเซชั่น (Polymerization) ของสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์เกิดขึ้นซึ่งเป็นอิทธิพลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบทั้งหมดเหล่านี้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับผลการทดลองของผู้วิจัย

Mishra และคณะ (2014) ได้ศึกษาผลของสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกของมะขามป้อมผงซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 175 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดผลกระทบย้อนกลับ ซึ่งเป็นผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกในมะขามป้อมผงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยา polymerization ตลอดจนเกิดการสังเคราะห์ของสารประกอบ polyphenol ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ได้สารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น และพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในอินทผลัม มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากการสลายตัวของแทนนิน เนื่องจากอุณหภูมิระหว่างการทำแห้ง ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยของสารประกอบฟีนอร์ลิก (Maillard และBerset, 1995) โดยที่พบว่าในสารสกัดจากขิงที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 นั้นมีสารประกอบแทนนินอยู่ที่ 1.15±0.1 กรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (Adel และPrakash, 2010) จึงอาจทำให้เกิดการสลายตัวของแทนนิน ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างคล้ายกับสารประกอบฟีนอร์ลิก ทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิสูงมากขึ้น

อีกทั้งจากผลการศึกษาสัดส่วนของ Drying agent ระหว่างมอลโตเด็กซ์ตริน และกัมอารบิก ที่ใช้ในการทำแห้งสารสกัดจากขิงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยของ Simon-Brown และคณะ (2016) เพื่อศึกษาผลในการช่วยเก็บรักษาสารสกัดขิง ของมอลโตเด็กซ์ตริน และกัมอารบิกโดยการนำขิงสดมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรอง และทำการระเหยเอาตัวทำละลายออก แล้วจึงเก็บขิงสกัดที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำขิงสกัดที่ได้มาผสมกับมอลโตเด็กซ์ตริน และกัมอารบิกในอัตราส่วนที่แตกต่างทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ มอลโตเด็กซ์ตรินต่อกัมอารบิก เป็น 4 ต่อ 1, 1 ต่อ 4, 5 ต่อ 0, 0 ต่อ 5 กรัมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

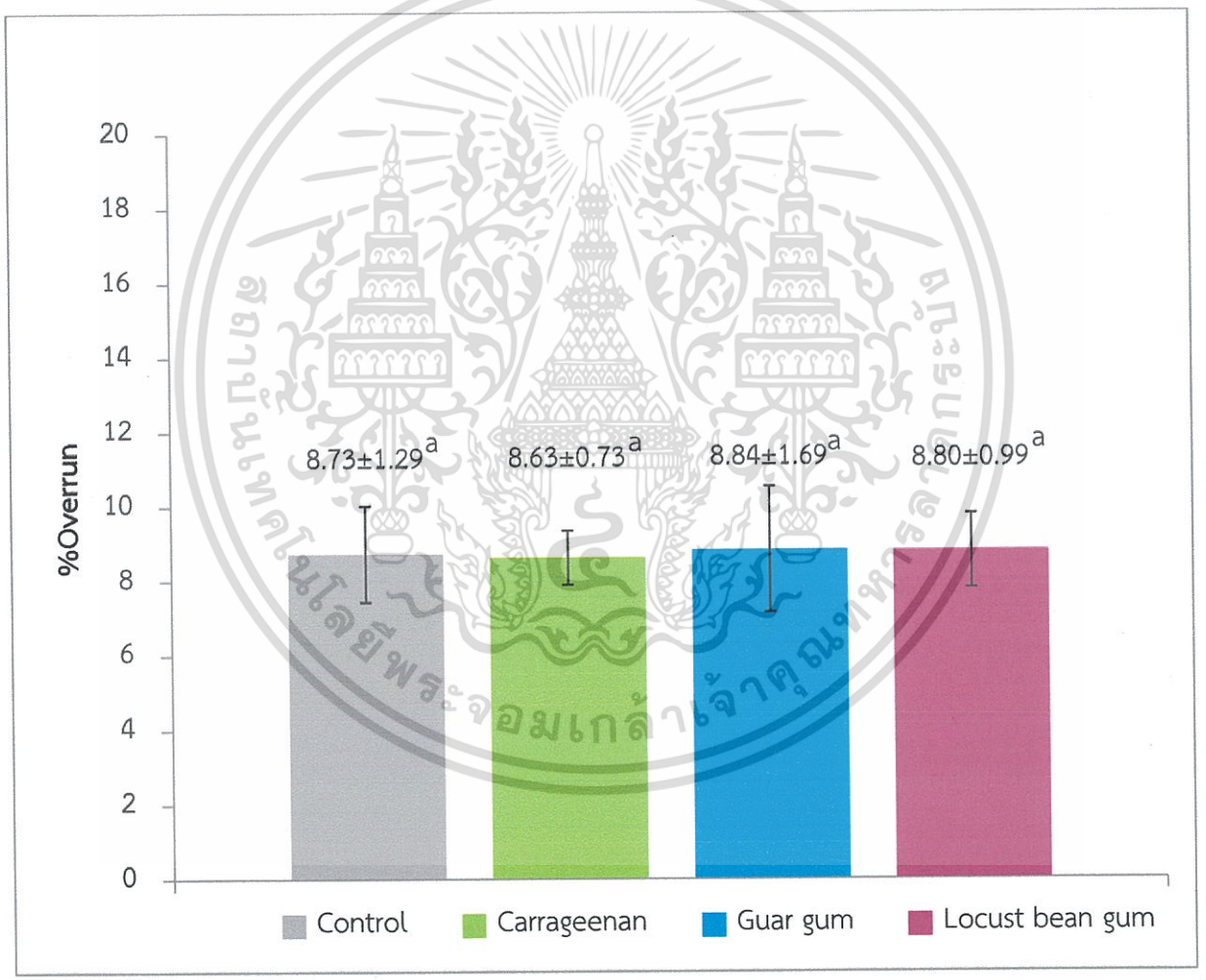
กรัม แล้วนำมา homogenized ที่ความเร็วรอบ 20000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออก 65 องศาเซลเซียส ผลการทดลองที่ได้ของอัตราส่วนของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อกัมอารบิก (4 ต่อ 1, 1 ต่อ 4, 5 ต่อ 0, 0 ต่อ 5 กรัมต่อกรัม) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยได้ผลปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด คือ 1.9 ± 0.1^{a} 1.8 ± 0.1^{a} 2.2 ± 0.2^{a} และ 2.0 ± 0.2^{a} ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด เนื่องจากการทำ Encapsulation ลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของขิงสกัดลดน้อยลง

จากผลของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของอุณหภูมิขาเข้า 160 และ 180 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดการลดลงของสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากขิงที่ยังไม่ผ่านการทำแห้ง โดยพบว่าอาจเกิดจากการที่สารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสารสกัดจากขิงนั้น เป็นสารประกอบที่ไม่ทนความร้อน และเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่อุณหภูมิสูง (Wohlmuth และคณะ, 2005) จึงเกิดการลดลงของสารประกอบฟีนอร์ลิก เมื่อเพิ่มความดัน และอุณหภูมิ (Puengphian และSirichote, 2008) และพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดจากขิงเมื่อผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า 180 องศาเซลเซียส อาจเป็นเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือเสื่อมสลายของสารประกอบแทนนินในสารสกัดจากขิง จึงทำให้สารประกอบฟีนอร์ลิกเพิ่มมากขึ้น รวมไปถึงเกิดการสังเคราะห์ของสารประกอบฟีนอร์ลิก และเกิดการ Polymerizaton ของสารประกอบฟีนอร์ลิกที่อุณหภูมิสูงกว่า 175 องศาเซลเซียส จึงเป็นผลทำให้สารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นที่สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิขาเข้า 180 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของการศึกษาสารเพิ่มความคงตัว กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม ที่มีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีม

จากการทดสอบสารเพิ่มความคงตัวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ คาราจีแนน กัวกัม และโลคัสบีนกัม ที่ใส่ในไอศกรีม เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ไม่ได้ใส่สารเพิ่มความคงตัว (control) พบว่า สารเพิ่มความคงตัวทั้ง 3 ชนิด ให้ค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แสดงได้ดังนี้ control คาราจีแนน กัวกัม และโลคัสบีนกัม มีค่าการขึ้นฟูร้อยละ 8.73 ± 1.29^{a} 8.63 ± 0.73^{a} 8.84 ± 1.69^{a} และ 8.80 ± 0.99^{a} ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 Overrun percentage of ice cream with three different stabilizers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

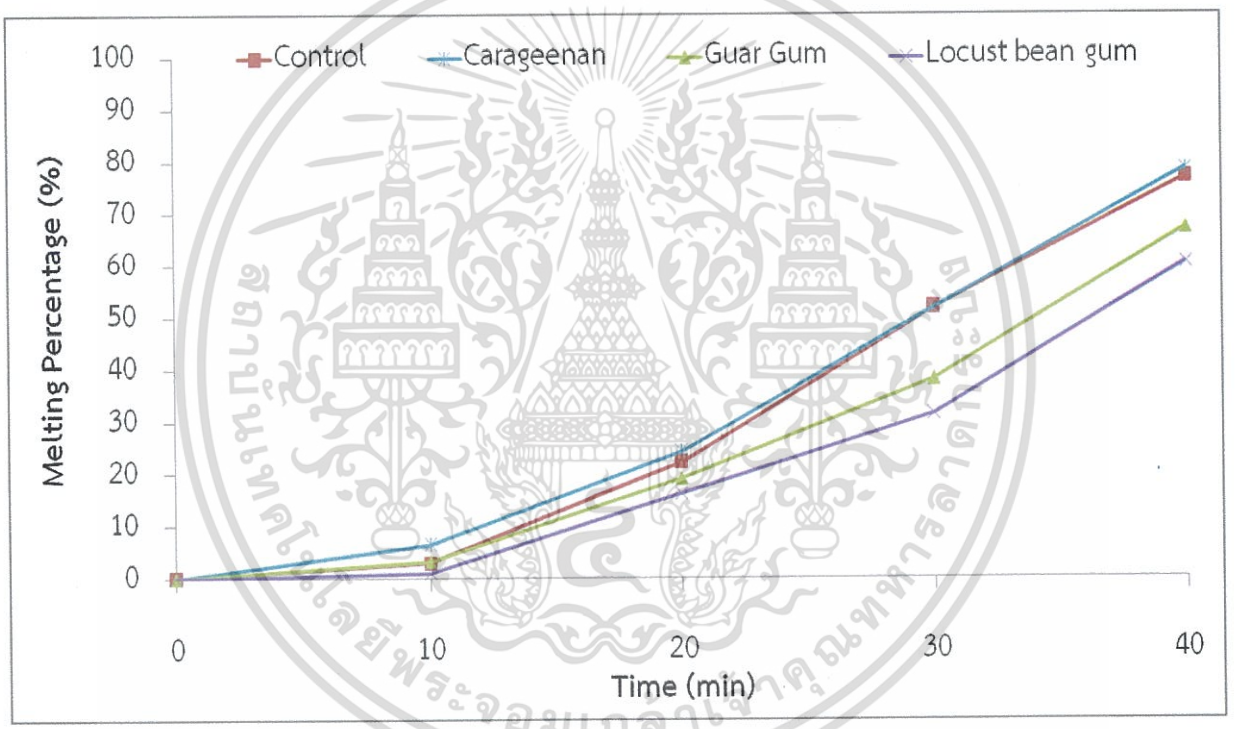
จากการทดลอง พบว่าสารเพิ่มความคงตัวแต่ละชนิดที่ใส่ลงในไอศกรีมนั้น มีค่าการขึ้นฟูที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.3 เนื่องจากสูตรไอศกรีมได้มีการใส่ไข่ไก่เพื่อทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสารเพิ่มความคงตัว โดยใส่ลงในไอศกรีมในปริมาณที่เท่ากัน จึงทำให้เกิดการขึ้นฟูของไอศกรีมไม่แตกต่างกัน โดยสารเพิ่มความคงตัวนั้นอาจส่งผลกระทบต่อไอศกรีมในด้านอื่นๆ เนื่องจากสารเพิ่มความคงตัวที่แห้ง และกระจายตัวมีหน้าที่ในการดึงน้ำส่วนเกินในไอศกรีม เมื่อสารเพิ่มความคงตัวรวมตัวกับน้ำจะทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ทำให้น้ำส่วนเกินนั้นมาอยู่ในโครงสร้างของสารเพิ่มความคงตัว จึงอาจทำให้ไอศกรีมละลายได้ช้าลงเนื่องจากมีสารเพิ่มความคงตัวยึดเกาะกับโมเลกุลของน้ำเอาไว้

ในส่วนของการขึ้นฟูของไอศกรีมนั้นเป็นผลมาจากอิมัลซิไฟเออร์ หรือไข่ไก่เป็นหลัก ซึ่งพบว่าไข่ไก่ประกอบด้วยไข่ขาวซึ่งเป็นโปรตีน โดยมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ คือ การทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดฟอง (Foaming agent) จึงเป็นส่วนที่ช่วยให้เกิดฟองอากาศภายในเนื้อไอศกรีม ส่งผลทำให้เกิดการขึ้นฟูของไอศกรีม ดังนั้น การใส่อิมัลซิไฟเออร์ หรือใส่ไข่ไก่ลงในไอศกรีมในปริมาณที่เท่ากัน จึงส่งผลทำให้การขึ้นฟูของไอศกรีมนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และอาจกล่าวได้ว่าสารเพิ่มความคงตัวที่ใส่ลงในไอศกรีมนั้นไม่มีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของการศึกษาสารเพิ่มความคงตัว กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม ที่มีผลต่อการละลายของไอศกรีม

จากการศึกษาการละลายของไอศกรีม พบว่าค่าเฉลี่ยการละลายของตัวอย่างไอศกรีมจากการใช้สารเพิ่มความคงตัวที่แตกต่างกันคนละชนิด ให้ผลการทดลองมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าโลคัสบีนกัมมีค่าการละลายต่ำสุด คือ ร้อยละ 60.39 ± 5.14^{c} โดยตัวอย่างควบคุม (Control) มีค่าการละลายที่สูงกว่า คือ ร้อยละ 76.79 ± 1.38^{a} จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า โลคัสบีนกัมมีค่าการละลายต่ำที่สุด



ภาพที่ 4.4 Melting Percentage of Ice cream with three different stabilizers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Melting Percentage of Ice cream with three different stabilizers at 40 min

Time (min)	% Melting			
	Control	Carageenan	Guar Gum	Locust bean gum
40	76.79±1.38[a]	78.44±2.26[a]	67.00±2.51[b]	60.39±5.14[c]

ผลการวิเคราะห์ค่าการละลายของการใช้สารเพิ่มความคงตัวในไอศกรีมเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a,b,c] ในแถวนอนเดียวกันที่มีอักษรกำกับเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

เมื่อวิเคราะห์จากสารเพิ่มความคงตัวแต่ละชนิดที่มีผลต่อค่าการละลาย พบว่าที่เวลา 40 นาที สารเพิ่มความคงตัวแต่ละชนิดมีค่าการละลายที่แตกต่างกันโดยพบว่า กัวกัมมีค่าสูงกว่า โลคัสบีนกัม คือ ร้อยละ 67.00±2.51[b] และ 60.39±5.14[c] ตามลำดับ ในอีกด้านหนึ่ง คาราจีแนนมีค่าการละลายที่สูงสุด คือ ร้อยละ 78.44±2.26[a] ซึ่งพบว่าคาราจีแนนมีค่าการละลายสูงกว่าตัวอย่างควบคุม (Control) เพียงเล็กน้อย โดยตัวอย่างควบคุม (Control) มีค่าการละลายอยู่ที่ร้อยละ 76.79±1.38[a] ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับคาราจีแนน แสดงดังตารางที่ 4.1

ดังนั้นการเลือกใช้สารเพิ่มความคงตัวในการทำไอศกรีม จึงควรใช้โลคัสบีนกัมซึ่งมีค่าการละลายต่ำที่สุด แสดงให้เห็นถึงการที่ไอศกรีมนั้นละลายช้าที่สุด จึงนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีมในการทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อไป

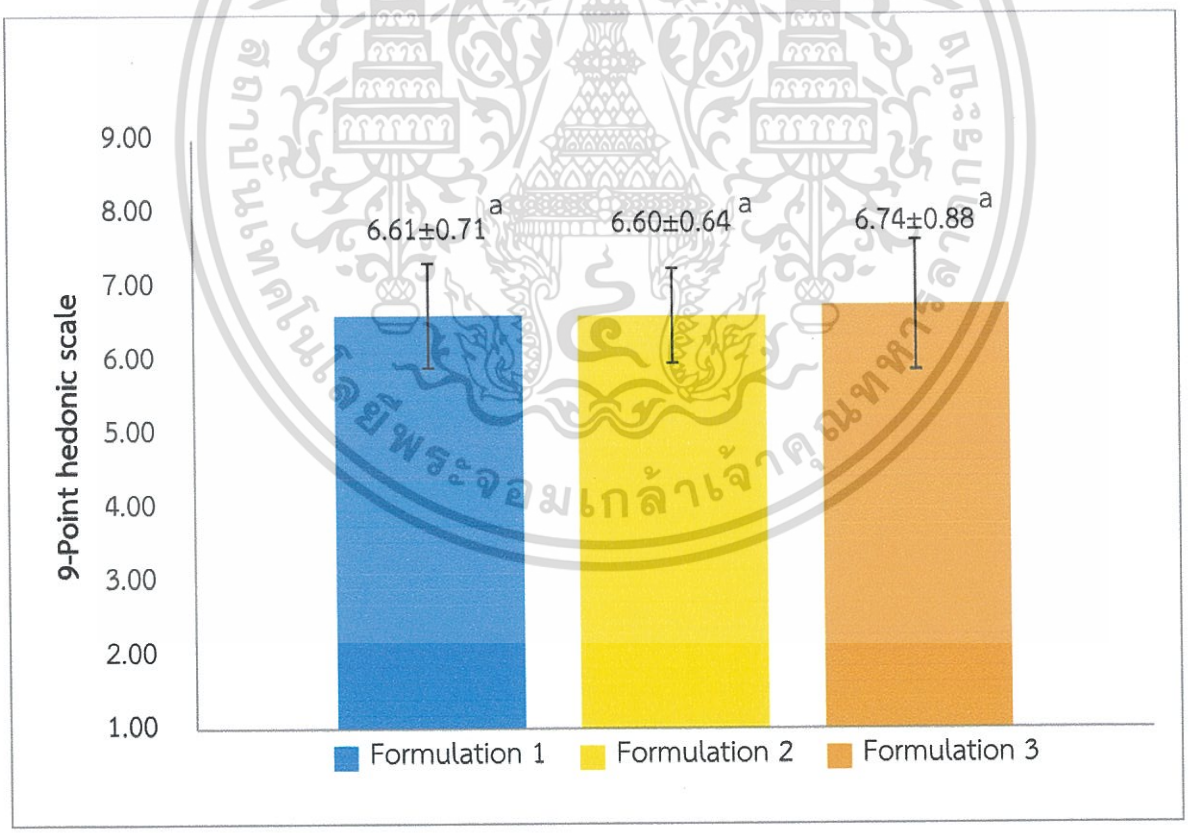
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการศึกษาการทดสอบความชอบไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 ของขิงสกัดผง

จากการทดสอบความชอบด้านต่างๆ ประกอบด้วย ด้านสี ด้านกลิ่นขิง ด้านรสขม ด้านความเผ็ด ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวมของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 ของขิงสกัดผง ได้ผลการทดลองดังนี้

4.5.1 ความชอบด้านสีของผู้บริโภค

จากการทดสอบความชอบคุณลักษณะในด้านสี แสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่าความชอบด้านสีของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แสดงได้ดังนี้ ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 มีคะแนนความชอบ 6.61 ± 0.71^{a} 6.60 ± 0.64^{a} และ 6.74 ± 0.88^{a} ตามลำดับ

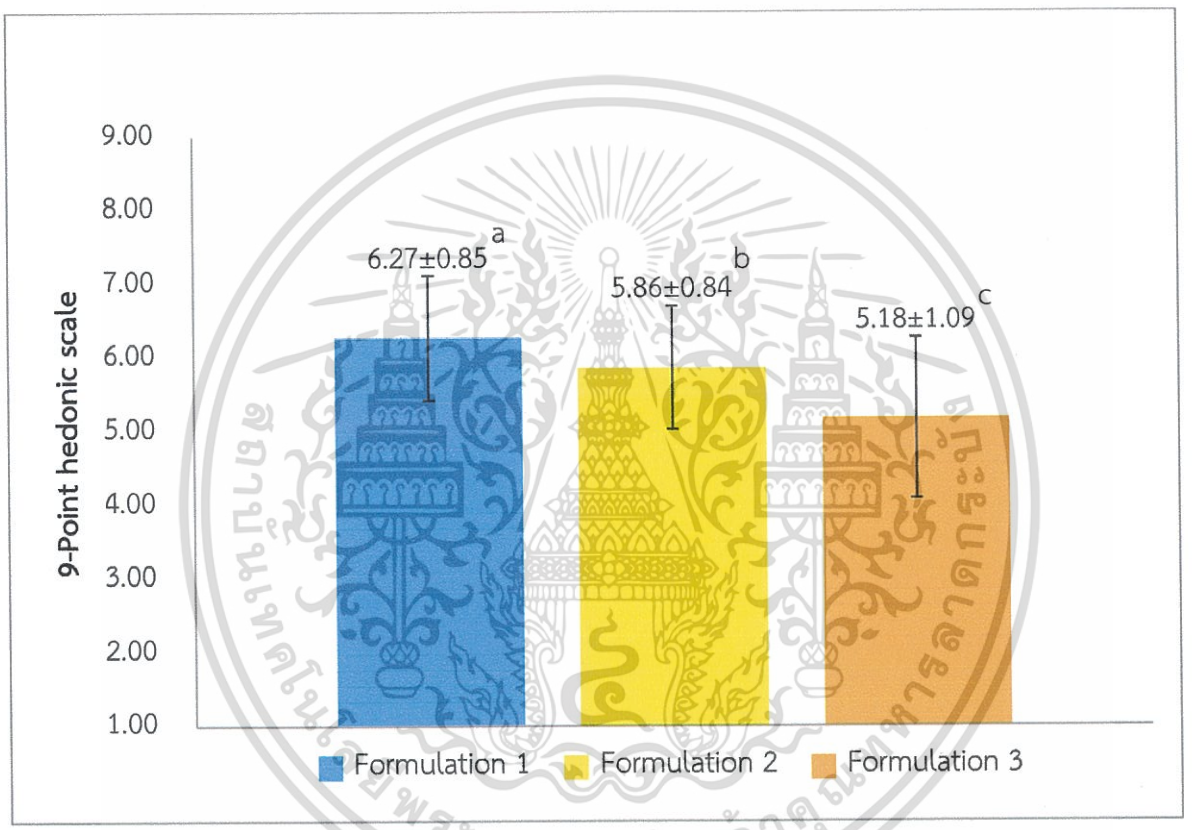


ภาพที่ 4.5 Sensory evaluation of color on ginger ice cream by 9-point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ความชอบด้านกลิ่นขิงของผู้บริโภค

จากการทดสอบความชอบคุณลักษณะในด้านกลิ่นขิง แสดงดังภาพที่ 4.6 พบว่าความชอบด้านกลิ่นขิงของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงได้ดังนี้ ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 มีคะแนนความชอบ 6.27 ± 0.85^{a} 5.86 ± 0.84^{b} และ 5.18 ± 1.09^{c} ตามลำดับ

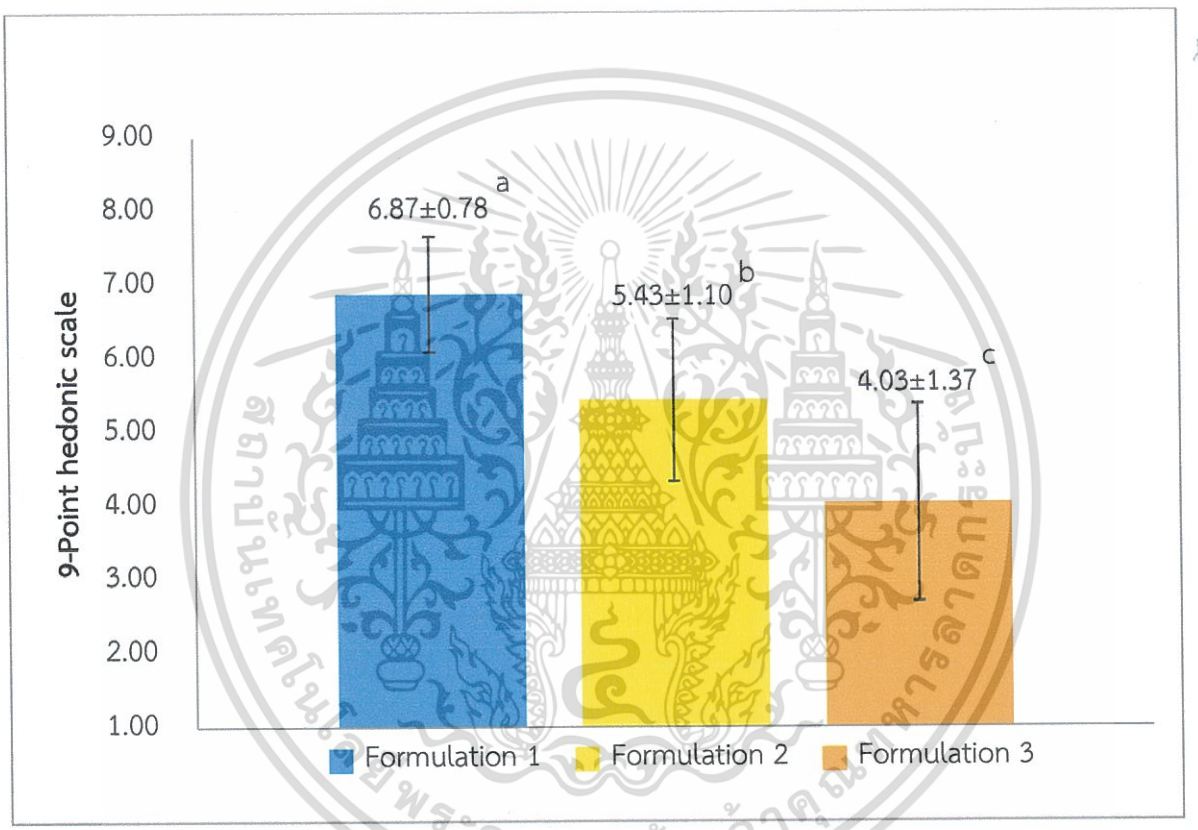


ภาพที่ 4.6 Sensory evaluation of ginger odor on ginger ice cream by 9-point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 ความชอบด้านรสขมของผู้บริโภค

จากการทดสอบความชอบคุณลักษณะในด้านรสขม แสดงดังภาพที่ 4.7 พบว่าความชอบด้านรสขมของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงได้ดังนี้ ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 มีคะแนนความชอบ 6.87 ± 0.78^{a} 5.43 ± 1.10^{b} และ 4.03 ± 1.37^{c} ตามลำดับ

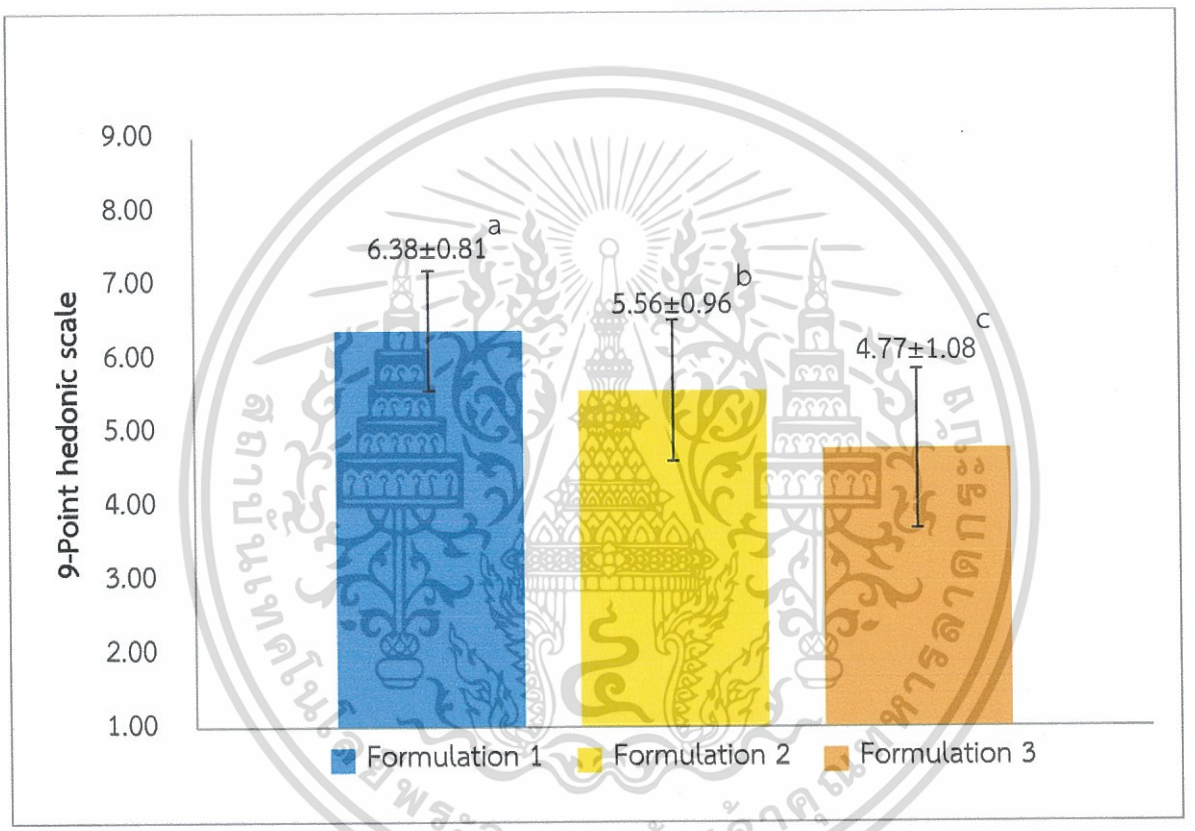


ภาพที่ 4.7 Sensory evaluation of bitter on ginger ice cream by 9-point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 ความชอบด้านความเผ็ดของผู้บริโภค

จากการทดสอบความชอบคุณลักษณะในด้านความเผ็ด แสดงดังภาพที่ 4.8 พบว่าความชอบด้านความเผ็ดของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงได้ดังนี้ ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 มีคะแนนความชอบ 6.38 ± 0.81^{a} 5.56 ± 0.96^{b} และ 4.77 ± 1.08^{c} ตามลำดับ

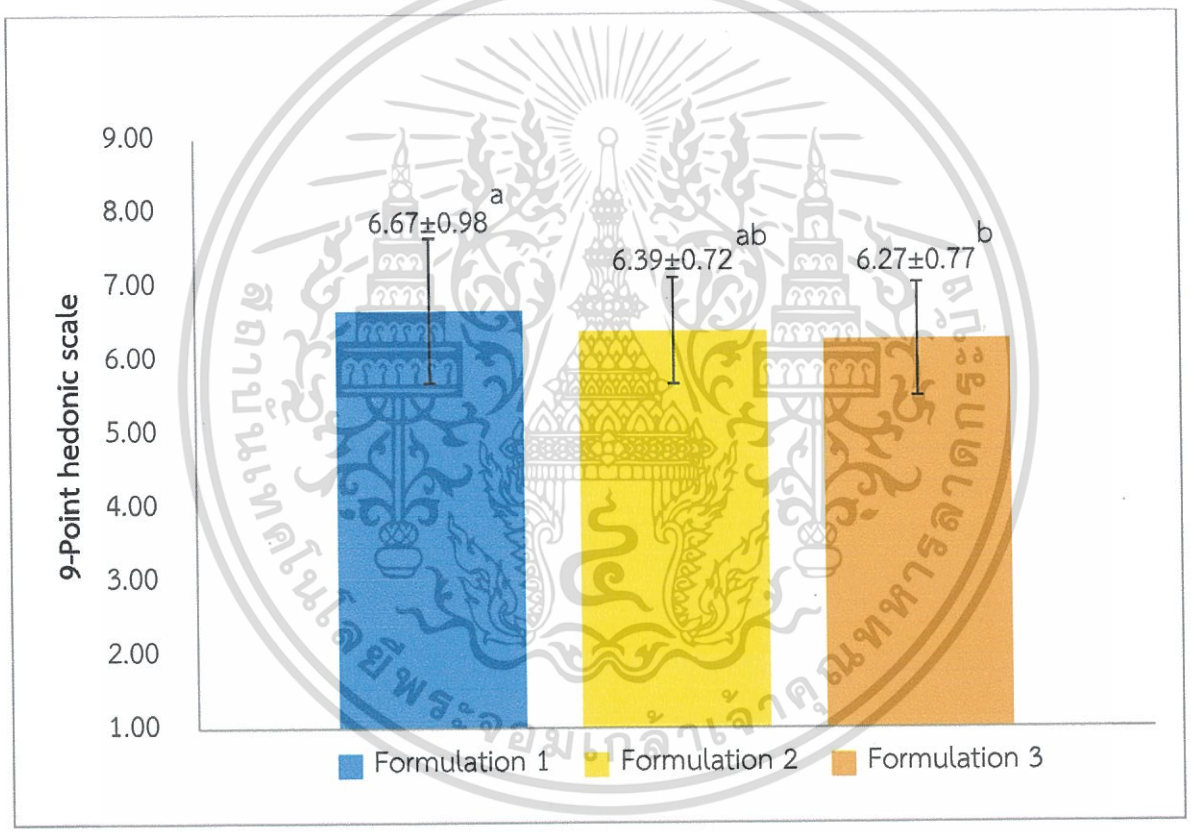


ภาพที่ 4.8 Sensory evaluation of spicy on ginger ice cream by 9-point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.5 ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้บริโภค

จากการทดสอบความชอบคุณลักษณะในด้านเนื้อสัมผัส แสดงดังภาพที่ 4.9 พบว่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.25 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงได้ดังนี้ ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.25 มีคะแนนความชอบ 6.67 ± 0.98^{a} และ 6.27 ± 0.77^{b} ตามลำดับ และไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 พบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กับไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และ 0.25 โดยมีคะแนนความชอบ 6.39 ± 0.72^{ab} คะแนน

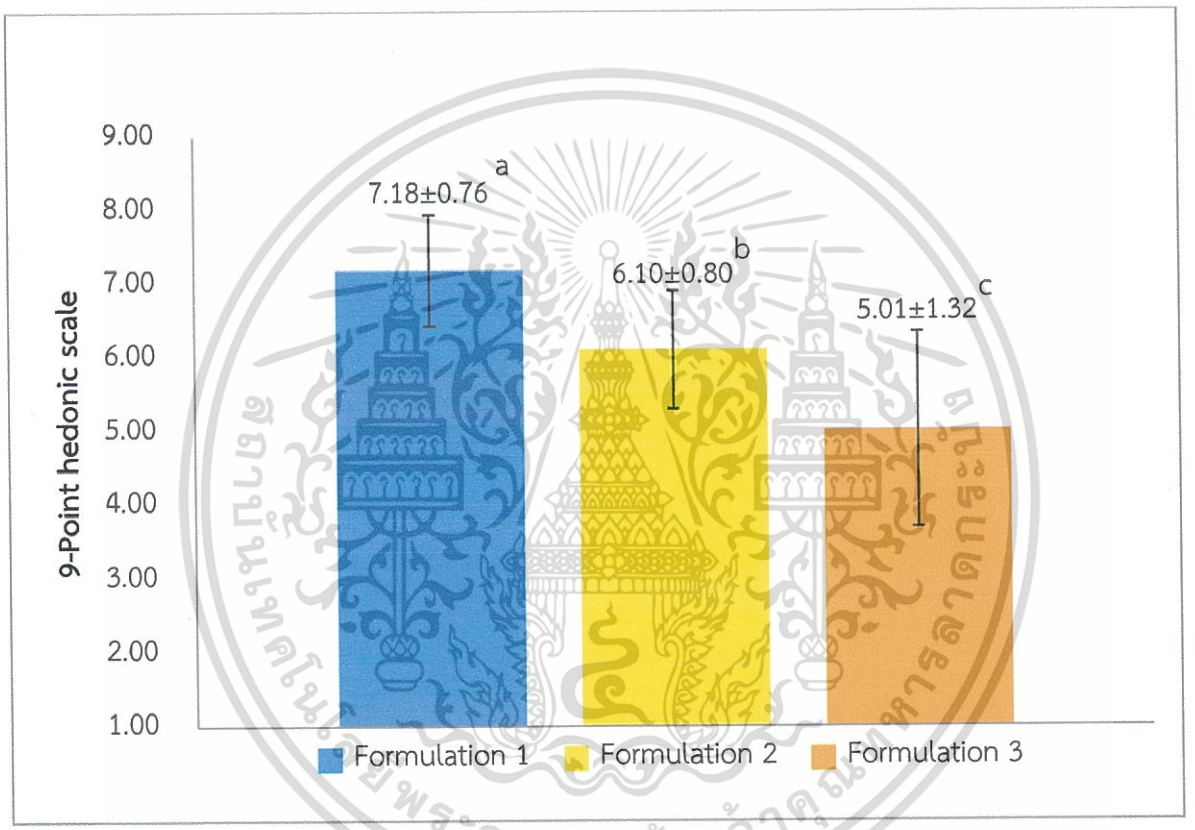


ภาพที่ 4.9 Sensory evaluation of texture on ginger ice cream by 9-point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.6 ความชอบทั้งหมดของผู้บริโภค

จากการทดสอบความชอบคุณลักษณะในด้านความชอบทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 4.10 พบว่า ความชอบทั้งหมดของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงได้ดังนี้ ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 มีคะแนนความชอบ 7.18 ± 0.76^{a} 6.10 ± 0.80^{b} และ 5.01 ± 1.32^{c} ตามลำดับ



ภาพที่ 4.10 Sensory evaluation of overall preference on ginger ice cream by 9-point hedonic scale

จากการศึกษาความชอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อไอศกรีมที่ใส่ขิงที่ทำ Encapsulation ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 ในด้านสี กลิ่นขิง รสขม ความเผ็ด เนื้อสัมผัส ความชอบทั้งหมด ที่กล่าวมานั้นสรุปได้ว่า ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงในด้านสีพบว่า ทุกระดับความเข้มข้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงในด้านกลิ่นขิง พบว่าผู้บริโภคมีความชอบกลิ่นขิงของไอศกรีมที่ระดับความเข้มร้อยละ 0.05 มากที่สุด ลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาคือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 และผู้บริโภคมีความชอบกลิ่นขิงของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มร้อยละ 0.25 น้อยที่สุด ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงในด้านรสขม พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบรสขมของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มร้อยละ 0.05 มากที่สุด ลำดับต่อมาคือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 และผู้บริโภคมีความชอบรสขมของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มร้อยละ 0.25 น้อยที่สุด ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงในด้านความเผ็ด พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบความเผ็ดของไอศกรีมที่ระดับความเข้มร้อยละ 0.05 มากที่สุด ลำดับต่อมาคือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 และผู้บริโภคมีความชอบความเผ็ดของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มร้อยละ 0.25 น้อยที่สุด ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงในด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 มากที่สุด และ ผู้บริโภคมีความชอบเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 น้อยที่สุด แต่ความชอบเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 นั้นจากการคำนวณทางสถิติ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 และ 0.25 และในการทดสอบความชอบทั้งหมดของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผง พบว่า ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 มีความชอบทั้งหมดมากที่สุด ลำดับถัดมาคือไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 และไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีความชอบทั้งหมดน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การทดลองนี้เป็นการพัฒนาและเสริมคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยใช้สารสกัดจากขิง โดยจากการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่สกัดด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดสูงกว่าการใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 เนื่องจากสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 มีความมีขั้วใกล้เคียงกับสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในขิงผง จึงสามารถสกัดนำเอาสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดออกมาได้มากกว่าสารละลายอื่น

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่ทำ Encapsulation ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้าที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดขิงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ทั้ง 2 อุณหภูมิลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดที่ไม่ได้ผ่านการทำแห้ง และพบว่าสารสกัดที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า 180 องศาเซลเซียส เกิดการสังเคราะห์ของสารประกอบกลุ่ม polyphenol ทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดที่สูงขึ้น โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดสูงกว่าอุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาสารเพิ่มความคงตัวที่มีผลต่อการละลาย และการขึ้นฟูของไอศกรีม พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าการละลายของตัวอย่างไอศกรีมจากการใช้สารเพิ่มความคงตัวที่ต่างชนิดกัน ให้ผลการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยที่โลคัสบีนกัมมีค่าการละลายที่ต่ำสุด และพบว่าการขึ้นฟูของไอศกรีม เมื่อใช้สารเพิ่มความคงตัวต่างชนิดกัน มีค่าการขึ้นฟูที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากการศึกษาความชอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อไอศกรีมที่ใส่ขิงที่ทำ Encapsulation ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25 ต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าความชอบในด้านสีของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ความชอบในด้าน กลิ่นขิง รสขม ความเผ็ด เนื้อสัมผัส และความชอบทั้งหมด ไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด คือ 6.27±0.85, 6.87±0.78, 6.38±0.81,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.67±0.98, 7.18±0.76 ตามลำดับ เนื่องจากคะแนนความชอบยังมีคะแนนไม่สูงมากนัก อาจเป็นเพราะ กลุ่มผู้ทดสอบนักศึกษาเป็นกลุ่มที่ไม่นิยมบริโภคกาแฟและขิง จึงส่งผลให้ความชอบในแต่ละด้านไม่สูงมากนัก โดยอยู่ในช่วงคะแนน 6 – 7 คะแนน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดสามารถบ่งบอกองค์ประกอบที่เป็นสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในสารสกัดจากขิง โดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิสูงนั้นอาจทำให้เกิดการสังเคราะห์ของสารประกอบฟีนอร์ลิกขึ้นมาใหม่ หรืออาจเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบชนิดอื่นที่ให้โครงสร้างคล้ายกับสารประกอบฟีนอร์ลิก เป็นผลทำให้ไม่สามารถทราบได้อย่างแน่ชัดว่า การเปลี่ยนแปลงไปของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกภายหลังการทำแห้งนั้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบที่มีอยู่เดิม หรือเกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ ซึ่งหากวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC-MS นั้นจะทำให้สามารถบ่งชี้ได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอร์ลิกตัวไหนในสารสกัดจากขิง และยังสามารถหาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกด้วยวิธีนี้ได้อีกด้วยจึงทำให้สามารถทราบผลของการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.2.2 การนำขิงสกัดผงที่ได้จากการทำ Encapsulation นอกจากจะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแล้วยังสามารถนำไปใช้ในการพัฒนา หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้อีก ดังนั้นการนำขิงสกัดผงไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น จะสามารถทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย ซึ่งช่วยเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคได้มากขึ้น รวมถึงสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์. 2549. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงและผลิตภัณฑ์ขิง. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จิตติมา และคณะ. 2549 การผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด แผนงานพิเศษ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ตรีชฎา อทัยดา. 2556. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลูกหม่อน. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

นันทพร อัคนิจ. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสมุนไพร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

นิจศิริ เรืองศรี. 2542. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 206 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร: โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์.

เบญจา ชุตินทราศรี. ม.ป.ป. เทคโนโลยีส่วนผสมอาหารสังเคราะห์.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://e-book.ram.edu/e-book/f/FY463(50)/FY463-4.pdf. 8 พฤษภาคม 2559.

เสาวนิตย์ ดาวรัตนชัย. 2545. ขิงแก้อาเจียน. จุลสารข้อมูลสมุนไพร. 20: 4-12.

อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2536. ขิง. จุลสารข้อมูลสมุนไพร. 10: 16-21.

อรรถพล นุ่มหอม. 2544. รายงานเกณฑ์คุณภาพและวิธีการตรวจวัดคุณภาพวัตถุดิบ “ขิง” เพื่ออุตสาหกรรมเกษตร. เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวและวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีการแปรรูป สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.

เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล. 2009. Microencapsulation เทคโนโลยีจิ๋ว แต่แจ๋ว. Technology Focus. 36: 39-42

Acosta-Estrada, B., Guiterrez-Uribe, J.A. and Serna-Saldivar, S.O. 2014. Bound phenolics in foods, a review. Food Chemistry. 152: 46-55.

Andreasen, M.F., Landbo, A.-K., Christensen, L.P., Hansen, A. and Meyer, A.S. 2001. Antioxidant effects of phenolic rye (Secalecereale L.) extracts, monomeric hydroxycinnamates, and ferulicacid dehydrodimers on human low-density lipoproteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49: 4090–4096.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Andreasen, T.G. and Nielsen, H. 1992. Ice Cream and Aerated Dessert. In The Technology of Dairy Products. Edited by Early, R. New York: VCH Publishers.

Aruoma, O.I., Spencer, J.P., Warren, E., Jenner, D., Butler, P. and Halliwell, J.B. 1995. Characterization of food antioxidants, illustrated using commercial garlic and ginger preparations. Food Chemistry. 60: 149-156.

Badredlin, H.A., Gerald, B., Musbah, O.T. and Abderrahim, N., 2008. Some phytochemical: pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiberoffcinale* Roscoe): a review of recent research. Food and Chemical Toxicology. 46: 409-420.

Balasubramani, P., Palaniswamy, P.T., Visvanathan, R., Thirupathi, V., Subbarayan, A. and Maran, J.P. 2014. Microencapsulation of garlic oleoresin using maltodextrin as wall material by spray drying technology. International Journal of Biological Macromolecules. 72: 210-217.

Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. 99: 191-203.

Balladin, D.A., Headley, O., Chang-yen, I., Duncan, E.J. and McGaw, D.R. 1999. Comparison of the histology of (I) fresh, (II) solar dried and (III) solar dried/steam distilled ginger (Zingiberofficinale Roscoe) rhizome tissue prior to the extraction of its pungent principles. Journal of Renewable Energy. 17: 207–211.

Bartley, J. and Jacobs, A. 2000. Effects of drying on flavor compounds in Australain-growth ginger (*Zingiberoffcinale*). Journal of the Science of Food and Agriculture. 80: 209-215.

Bhandari, U., Sharma, J.N. and Zafar, R. 1998. The protective action of ethanolicginger (Zingiberoffcinale) extract in cholesterol fed rabbits. Journal of Ethnopharmacology. 61: 167–171.

Bhanger, M.I., Iqbal, S., Anwar, F., Imran, M., Akhtar, M. and Zia-ul-Haq, M. 2008. Antioxidant potential of rice bran extracts and its effects on stabilisation of cookies under ambient storage. International Journal of Food Science and Technology. 43: 779–786.

Bhanja, T., Kumari, A. and Banerjee, R. 2009. Enrichment of phenolics and free radical scavenging property of wheat koji prepared with two filamentous fungi. Bioresource Technology. 100: 2861–2866.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bhattarai, S., Tran, V.H. and Duke, C.C. 2001. The stability of gingerol and shogaol in aqueous solution. Journal of Pharmaceutical Sciences. 90: 1658–1664.

Bravo, L. 1998. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. Nutrition Reviews. 56: 317-333.

Butt, M.S. and Sultan, M.T. 2011. Ginger and its health claims: molecular aspects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 51: 383–393.

Byron Talbott. 2014. Rainbow Sherbet. [Online]. Available: http://www. Byrontallbott .com .11December2015.

Caliskan, G. and Dirim, S.N. 2015. The effect of different drying process and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. Powder Technology. 287: 308-314.

Chan, E., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S. and Yong, M.Y. 2009. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. Food Chemistry. 113: 166–172.

Chan, E.C.Y., Yap, S.L., Lau, A.J., Leow, P.C., Toh, D.F. and Koh, H.L. 2007. Ultraperformance liquid chromatography/time-of-flight mass spectrometry based metabolomics of raw and steamed Panaxnotoginseng. Rapid Communications in Mass Spectrometry. 21: 519–528.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Omar, M. 2007. Antioxidant and antibacterial activity of leaves of Etlingera species (Zingiberaceae) in Peninsular Malaysia. Food Chemistry. 104: 1586-1593.

Chung, I.M., Kim, J.K., Park, I., Oh, J.Y., Kim, S.H. 2015. Effect of milk type, production month, and brand on fatty acid composition: A case study in Korea. 196: 138-147

Claudia, P.C.A. and M. Fernanda, S.M.T. 2014. Encapsulation of spray dried β-carotene emulsion by fluidized bed coating technology. LWT – Food Science and Technology. 62: 187-193.

Coronel-Aguilera, C.P. and Martin-Gonzalez, M.F.S. 2014. Encapsulation of spray dried β-carotene emulsion by fluidized bed coating technology. LWT – Food Science and Technology. 62: 187-193.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Daglia, M. 2012. Polyphenols as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology. 23: 174–181.

Das, L., Bhaumik, E., Raychaudhuri, U. and Chakraborty, R. 2012. Role of nutraceuticals in human health. Journal of Food Science and Technology. 49: 173–183.

Daw, E. and Hartel, R.W. 2015. Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. International Dairy Journal. 43: 33-41.

Dey, T.B., Chakraborty, S., Jain, K.K., Sharma, A. and Kuhad, R.C. 2016. Antioxidant phenolics and their microbial production by submerged and solid state fermentation process: A review. Trends in Food Science and Technology.

Ding, S.H., An, K.J., Zhao, C.P., Li, Y., Guo, Y.H. and Wang, Z.F. 2012. Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (Zingiberofficinale Roscoe). Food and Bioproducts Processing. 90: 515-524.

Dugasani, S., Pichika, M.R., Nadarajah, V.D., Balijepalli, M.K., Tandra, S. and Korlakunta, J.N. 2010. Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol. Journal of Ethnopharmacology. 127: 515-520.

Eisner, M.D., Wildmoser, H. and Windhab, E.J. 2005. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 263: 390-399.

Elzebroek, A.T.G. and Wind, K. 2008. Guide to Cultivated Plants. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK. 276–279.

Essential Oil Association (E.O.A). 1968. USA, No. 243, BPC.

Evans, W.C. 1989. Trease and Evans' Pharmacognosy, 13th ed. Bailliera Tindall, London. 216–217.

Farrell, K.T. 1985. Spices, Condiments and Seasonings.The AVI Pub.Co. Westport, CN, USA.

Fazary, A.E. and Ju, Y.H. 2007. Feruloyl esterases as biotechnological tools: Current and future perspectives. Acta Biochimica et Biophysica Sinica. 39: 811–828.

Glicksman, M. 1986. Food Hydrocolloids, Vol. 3; CRC Press: Boca Raton, FL.

Goff, H.D. 1997. Review Colloidal Aspects of Ice Cream-A Review. 363-373.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Goff, H.D., Ferdinando, D. and Schorsch, C. 1999. Fluorescence microscopy to study galactomannanstructure in frozen sucrose and milk protein solutions. Food Hydrocolloids 13: 353–362.

Goff, H.D. and Sahagian, M.E. 1996. Freezing of dairy products. In Freezing Effects on Food Quality; Jeremiah, L.E., Ed.; Marcel Dekker: New York : 299–335.

Gruenwald, J., Freder, J. and Armbruester, N. 2010. Cinnamon and health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 50: 822–834.

Guilherme, M.T., Thomas, C., Antonio, F.C. and Said, B. 2014. Milk proteins as encapsulation devices and delivery vehicles: Applications and trends. Trends in Food Science and Technology. 37: 5-20.

Redgrove, H.S. 1993. Spices and Condiments. Pitman, London. 31-45.

Harborne, J.B., Baxter, H. and Moss, G.P. (Eds.). 1999. Phytochemical dictionary: Handbook of bioactive compounds from plants (2nd ed.). London: Taylor and Francis.

He, Y., Barnes, S.E., Crunkleton, D.W. and Price, G.L. 2012. Comparison of ginger oil conversion over MFI, BEA, and FAU. Fuel. 96: 469-475.

Hollman, P.C.H. and Katan, M.B. 1999. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. Food and Chemical Toxicology. 37: 937–942.

Huang, B.K., Wang, G.W., Chu, Z.Y. and Qin, L.P. 2012. Effect of oven drying, microwave drying, and silica gel drying methods on the volatile components of ginger (Zingiberofficinale Roscoe) by HS-SPME-GC–MS. Drying Technology. 30: 248–255.

Ibanez, E., Kubátová, A., Senorans, F.J., Cavero, S., Reglero, G. and Hawthorne, S.B. 2003. Subcritical water extraction of antioxidant compounds from rosemary plants. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51: 375–382.

Purseglove, J.W. 1972. Tropical Crops Monocotyledons2. Longman, London.

James, L.G. 2005. The essential oil of ginger, *Zingiberoffcinale,* and anaesthesia. International Journal of Aromatherapy. 15: 7-14.

Kamble, V.A. and Patill, S.D. 2008. Spices-Derived Essential Oils: Effective Antifungal and Possible Therapeutic Agents. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 14: 129-143.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kanakdande, D., Bhosale, R. and Singhal, R.S. 2007. Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arab, maltodextrin and modified starch. Carbohydrate Polymers. 67: 536-541.

Kilara, A. and Chandan, R.C. 2008. Ice cream and frozen desserts. In Dairy Processing and Quality Assurance; Chandan, R.C.; Kilara, A.; Shah, N., Eds.; Wiley-Blackwell: New Delhi, India. : 364–365.

Kim, B., Kim, J., Kim, H., and Heo, M. 1997. Biological screening of 100 plants for cosmetic use (II): antioxidant activity and free radical scavenging activity. International Journal of Cosmetic Science. 19: 299-307.

Kim, I.L., Yang, M., Goo, T.H., Jo, C., Ahn, D.U., Park, J.H., Lee, O.H. and Kang, S.N. 2012. Radical scavenging-linked antioxidant activities of commonly used herbs and spices in Korea. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 63: 603–609.

Kim, K.-H., Tsao, R., Yang, R. and Cui, S.W. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. Food Chemistry. 95: 466–473.

Kubra, I.R. and Rao, L.J.M. 2012. Microwave drying of ginger (Zingiberofficinale Roscoe) and its effects on polyphenolic content and antioxidant activity. International Journal of Food Science and Technology. 47: 2311–2317.

Langer, E., Greifenberg, S. and Gruenwald, J. 1998. Ginger: history and use. Advances in Therapy. 15: 25–44.

Langrish, T.A.G., Chan, W.C. and Kota, K. 2007. Comparison of maltodextrin and skim milk wall depositon rates in a pilot-scale spray dryer. Powder Technology. 179: 84-89.

Leong, T.S.H., Martin, G.J.O. and Ashokkumar, M. 2016. Ultrasonic encapsulation – A review. Ultrasonics Sonochemistry.

Liu, R. 2007. Whole grain phytochemicals and health. Journal of Cereal Science. 46: 207–219.

Liyana-Pathirana, C.M. and Shahidi, F. 2006. Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 1256–1264.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Masullo, M., Montoro, P., Mari, A., Pizza, C. and Piacente, S. 2015. Medicinal plants in The treatment of women's disorders: analytical strategies to assure quality, safety and efficacy. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 113: 189–211.

Mishra, B.B., Gauta, S. and Sharma, A. 2004. Shelf-life extension of fresh ginger (Zingiberofficinale) by gamma irradiation. Journal of Food Microbiology and Safety. 69: 274–279.

Miyazawa, M. and Kameoka, H. 1988. Volatile flavor components of Zingiberis Rhizoma (Zingiberofficinale roscoe). Agricultural and biological chemistry. 52: 2961-2963.

Nagendra C.K.L., Manasa, D., Srinivas, P. and Sowbhagya, H.B. 2013. Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from ginger (*Zingiberofficinale*Roscoe). Food Chemistry. 139: 509-514.

Nardini, M. and Ghiselli, A. 2004. Determination of free and bound phenolic acids in beer. Food Chemistry. 84: 137–143.

Nedovic V., Kalusevic, A., Manajlovic, V., Levic, S. and Bugarski, B. 2011. An overview of encapsulation technologies for food applications. Procedia Food Science. 1: 1806-1815.

Neilsen, P.V. and Rios, R. 2000. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. International Journal of Food Microbiology. 60: 219–229.

Nile, S.H. and Park, S.W. 2015. Chromatographic analysis, antioxidant, anti-inflammatory, and xanthine oxidase inhibitory activities of ginger extracts and its reference compounds. Industrial Crops and Products. 70: 238-244.

Noor Azian, M., Mustafa Kamal, A.A. and Nurul Azlina, M. 2004. Changes of cell structure in ginger during processing. Journal of Food Engineering. 62: 359-364.

Noor Azian, M., Sazalina, M.S. and Haira Rizan, M.R. 2001. Essential oil and active ingredients extraction from ginger plants. Annual Progress Report. Centre of Lipids Engineering and Applied Research.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nunez, S.N., Martínez, M.A.L., Polvillo, O.V.M., Fernández, C.J., Carrizosa, B.U. and Serradilla, N.J.M. 2015. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for the determination of the milk fat fatty acid profile of goats. Food Chemistry. 190: 244–252.

Ok, S. and Jeong, W.S. 2012. Optimization of extraction conditions for the 6-shogaol rich extract from ginger (*Zingiberofficinale* Roscoe). Preventive Nutrition and Food Science. 17: 166–171.

Oufnac, D.S., Xu, Z., Sun, T., Sabliov, C., Prinyawiwatkul, W. and Godber, J.S. 2007. Extraction of antioxidants from wheat bran using conventional solvent and microwave-assisted methods. Cereal Chemistry. 84: 125–129.

Parthasarathy, V.A., Chempakam, B. and John, Z.T., editor. 2008. Chemistry of spices. India.

Phoungchandang, S. and Saentaweesuk, S. 2011. Effect of two stage, tray and heat Pump assisted-dehumidified drying on drying characteristics and qualities of dried ginger. Food and Bioproducts Processing. 89: 429–437.

Pinela, J., Barros, L., Carvalho, A.M. and Ferreira, I.C.F.R. 2011. Influence of the drying method in the antioxidant potential and chemical composition of four shrubby flowering plants from the tribe Genisteae (Fabaceae). Food and Chemical Toxicology. 49: 2983–2989.

Puengphian, C. and Sirichote, A. 2008. 6-Gingerol content and bioactive properties of ginger (*Zingiberoffcinale* Roscoe) extracts from supercritical CO_2 extraction. Asian Journal of Food and Agro-Industry. 1: 29-36.

Purseglove, J.W., Brown, E.G., Green, C.L. and Robbins, S.R.J. 1981. Spices Volume 1. Wiley and Longman, New York.

Rani, K. 1999. Cyclisation of farnesyl pyrophosphate into sesquiterpenoids in ginger rhizomes (Zingiberofficinale). Fitoterapia. 70: 568-574.

Ray, S., Raychaudhuri, U. and Chakraborty, R. 2015. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. Food Bioscience. 13: 76-83.

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J. and Paganga, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radical Biology and Medicine. 20: 933-956.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robbins, R.J. 2003. Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51: 2866–2887.

Sancho, A.I., Bartolom, B., Gomez-Cordoves, C., Williamson, G. and Faulds, C.B. 2001. Release of ferulic acid from cereal residues by barley enzymatic extracts. Journal of Cereal Science. 34: 173–179.

Santiago-Adame, R., Medina-Torres, L., Gallegos-Infante J.A., Calderas, F., Gonzalez-Laredo, R.F., Rocha-Guzman, N.E., Ochoa-Martinez, L.A. and Bernad-Bernad, M.J. 2015. Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusion (Cinnamomum zeylanicum) with maltodextrin. LWT – Food Science and Technology. 64: 571-577.

Semwal, R.B., Semwal, D.K., Combrinck, S. and Viljoen, A.M. 2015. Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. Phytochemistry.

Sherwin, E.R. 1990. Antioxidants. In: Branen, A.L., P. Davidson, M. and Salminen, S. Food antioxidants. Marcel Dekker Inc, New York.

Shirin, A.P.R. and Prakash, J. 2010. Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiberofficinale*). Journal of Medicinal Plants Research. 24: 2674-2679.

Shukla, Y. and Singh, M. 2007. Cancer preventive properties of ginger: A brief review. Food and Chemical Toxicology. 45: 683-690.

Sikora, E., Cieslik, E., Leszcznska, T., Filipiak-Florkiewicz, A. and Pisulewski, P.M. 2008. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. Food Chemistry. 107: 55-59.

Simon-Brown, K.M., Solval, K.M., Chotiko, A., Alfaro, L., Reyes, V., Liu, C., Dzandu, B., Kyereh, E., Barnaby, A.G., Thompson, I., Xu, Z. and Sathivel, S. 2016. Microencapsulation of ginger (Zingiber officinate) extract by spray drying technology. LWT - Food Science and Technology. 70: 119-125

Singh, G., Kapoor, I.P.S., Singh, P., Heluani, C.S.D., Lampasona, M.P.D. and Catalan, C.A.N. 2008. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of Zingiberofficinale. Food and Chemical Toxicology. 46: 3295-3302.

Spices Board of India. 2012. Spices Board, Kochi, India.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stalikas, C.D. 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. Journal of Separation Science. 30: 3268–3295.

Sun-Waterhouse, D., Edmonds, L., Wadhwa, S.S. and Wibisono, R. 2011. Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. Food Research International. 50: 647–656.

Tavares, G.M., Croguennec, T., Carvalho, A.F. and Bouhallab, S. 2014. Milk proteins as encapsulation devices and delivery vehicle: Application and trends. Trends in Food Science and Technology. 37: 5-20.

Verma, B., Hucl, P. and Chibbar, R.N. 2009. Phenolic acid composition and antioxidant capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fractions. Food Chemistry. 116: 947–954.

Vidovic, S.S., Vladic, J.Z., Vastag, Z.G., Zekovic, Z.P. and Popovic, L.M. 2014. Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in Satureja Montana dry powder extract obtained by spray drying technique. Powder Technology. 258: 209-215.

Viktor, N., Ana, K., Verica, M., Steva, L. and Branko, B. 2011. An overview of encapsulation technologies for food applications. Procedia Food Science. 1: 1806-1814.

Wanasundara, U.N. and Shahidi, F. 1998. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. Food Chemistry. 63: 335-342.

Wang, Z., Wang, K.J., Cheng, C.S., Li, N., Wang, T.M. and Di, L. 2011. Gingerol derivatives from the rhizomes of Zingiberofficinale. Zeitschrift fuer Naturforschung B. 66: 740–744.

Wohlmuth, H., Leach, D.N., Smith, M.K. and Myers, S.P. 2005. Gingerol Content of Diploid and Tetraploid Clones of Ginger (*Zingiberofficinale* Roscoe). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53: 5772-5778.

Wong, D.W.S. 2006. Feruloyl esterase: A key enzyme in biomass degradation. Applied Biochemistry and Biotechnology. 133: 87–112.

Wood, C., Wagovich, M.J. and Hollis, D.M. 2001. Herbals, cancer prevention and health. Journal of Nutrition. 131: 3034–3036.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yeh, H.Y., Chuang, C.H., Chen, H.C., Wan, C.J., Chen, T.L. and Lin, L.Y. 2014. Bioactive components analysis of two various gingers (Zingiberofficinale Roscoe) and antioxidant effect of ginger extracts. LWT – Food Science and Technology. 55: 329–334.

Yoshii, H., Soottitantawat, A., Liu, X.D., Atarashi, T., Furuta, T., Aishima, S., Ohgawara, M. and Linko, P. 2000. Flavor release from spray-dried maltodextrin/gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2: 55-61.

Yuliani, S. Hernami, dan Anggraeni. 1991. Aspek pascapanen jahe. Edisi Khusus Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. 8: 30-37.

Zarate, R. and Yeoman, M. 1994. Studies of the cellular localization of the phenolic pungent principle of ginger, Zingiberofficinale Roscoe. The New Phytologist. 126: 295–300.

Zarate, R. and Yeoman, M.M. 1996. Changes in the amounts of gingerol and derivatives during a culture cycle of ginger, Zingiberofficinale. Plant Science. 121: 115-122.

Zhang, C., Shen, Y., Chen, J., Xiao, P. and Bao, J. 2008. Nondestructive prediction of total phenolics, flavonoid contents, and antioxidant capacity of rice grain using near-infrared spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56: 8268–8272.

Zick, S.M., Djuric, Z., Ruffin, M.T., Litzinger, A.J., Normolle, D.P., Alrawi, S., Feng, M.R. and Brenner, D.E., 2008. Pharmacokinetics of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, and 6-shogaol and conjugate metabolites in healthy human subjects. Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention. 17: 1930–1936.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี

ก.1 การเตรียมสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80

การเตรียมสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 เตรียมได้จากสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

C_1 คือ ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 95

C_2 คือ ความเข้มข้นของเอทานอลที่ต้องการเจือจาง

V_1 คือ ปริมาตรน้ำกลั่นที่ต้องการหาเพื่อทำการเจือจาง

V_2 คือ ปริมาตรรวม

ก.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteau Method

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากขิง และสารสกัดจากขิงที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ใช้วิธีของ Nagendra chari และคณะ (2013) โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteau Reagent ในสภาวะที่เป็นด่าง และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ที่มีค่าดูดกลืนแสงที่ระดับความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้สารประกอบฟีนอร์ลิกมาตรฐานเป็นกรดแกลลิก

1. **สารเคมี**

1.1 Folin-Ciocalteau Reagent สัดส่วน 1 ต่อ 10

ปิเปตสารละลาย Folin-Ciocalteau Reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมรวมกับน้ำกลั่นปริมาตร 45 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย Folin-Ciocalteau Reagent สัดส่วน 1 ต่อ 10 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

1.2 โซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งน้ำหนักโซเดียมคาร์บอเนต 0.75 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน (Standard curve)

2.1 เตรียมสารละลายกรดแกลลิก 300 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งน้ำหนักกรดแกลลิก 21 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ใช้เป็น Stock Solution สำหรับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ ที่จะเตรียมต่อไป

2.2 เจือจางสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ความเข้มข้น 50, 70, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (5 ระดับความเจือจาง)

2.3 ปิเปตสารละลาย Folin-Ciocalteau Reagent สัดส่วน 1 ต่อ 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที

2.4 ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.5 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ระดับความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

2.6 บันทึกค่าดูดกลืนแสงที่ได้ และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ตารางที่ ก.1 วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	50	70	100	150	200
ปริมาตร Stock Solution (มิลลิลิตร)	3.33	2.50	1.67	1.17	0.83
ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	1.67	2.50	3.33	3.83	4.17
ปริมาตรรวม (มิลลิลิตร)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

3.1 ชั่งน้ำหนักขิงผง 75 กรัม เติมสายละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 ลงในขิงผง นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำตัวอย่างใส่ลงในหลอดเซนทริฟิวส์ หมุนเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

3.3 นำสารละลายส่วนใสด้านบนที่ไม่ใช่ตะกอน ไปทำการระเหยเอาสารละลายออกด้วยเครื่อง Rotary Evaporator ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.4 นำสารสกัดที่ได้ มาเจือจางด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ผสมให้ได้สัดส่วน 1 ต่อ 10 ผสมให้เข้ากัน จะได้สารละลายตัวอย่าง สัดส่วน 1 ต่อ 10 เก็บลงในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

4.1 ปิเปตตัวอย่างที่ได้จากการเตรียม มาเจือจางด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ให้ได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ลงในหลอดทดลอง

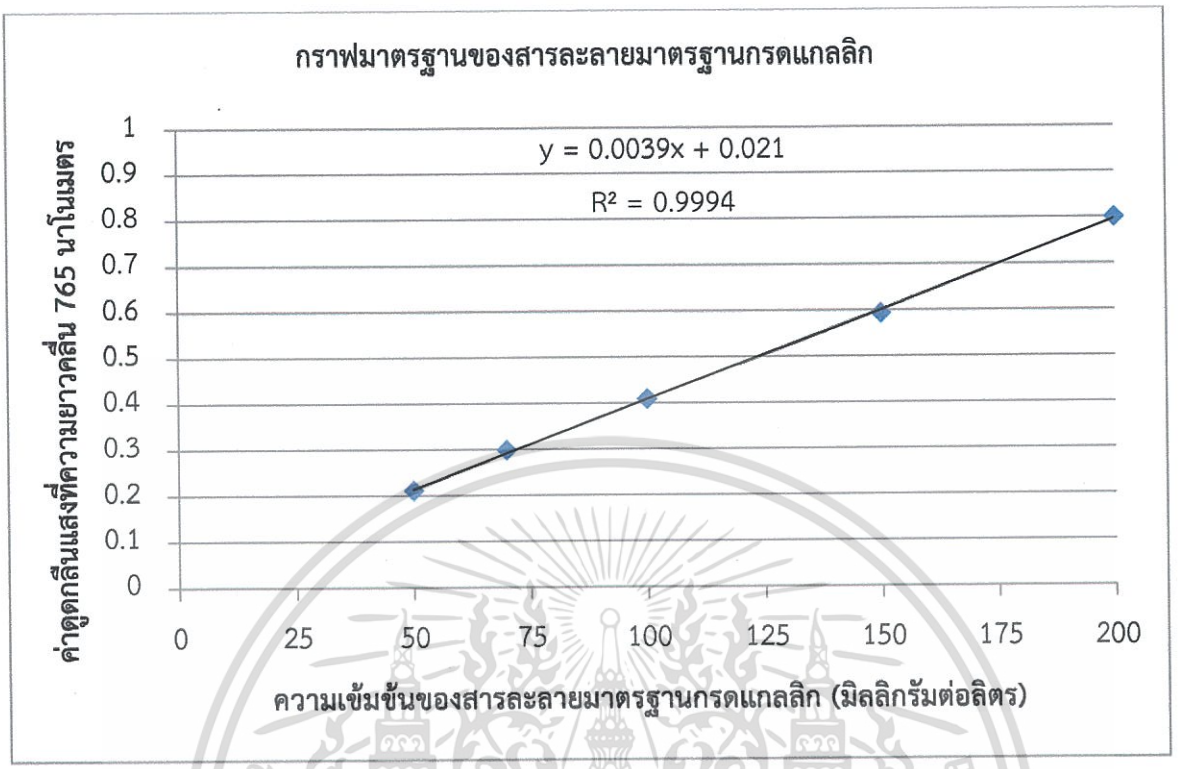
4.2 ปิเปตสารละลาย Folin-Ciocalteau Reagent สัดส่วน 1 ต่อ 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที

4.3 ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4.4 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ระดับความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร รายงานผลเป็นมิลลิกรัมของกรัมตัวอย่างสำหรับ Blank ใช้เป็นสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก



ภาพที่ ก.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ตารางที่ ก.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อลิตร) กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าดูดกลืนแสง
50	0.211
70	0.299
100	0.409
150	0.594
200	0.800

หมายเหตุ : ค่าดูดกลืนแสงมาจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ

ข.1 การทดสอบสารเพิ่มความคงตัว 3 ชนิดที่มีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีม

1. การเตรียมไอศกรีม

1.1 ผสมวิปปิ้งครีม 233 กรัม และ นมวัวยูเอชที 197 กรัม กวนให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

1.2 เติมส่วนผสมของน้ำตาล 80 กรัม สารเพิ่มความคงตัว กัวกัม 0.6 กรัม และผงกาแฟสำเร็จรูป 5 กรัม ลงในส่วนผสมวิปปิ้งครีมและนมวัว

1.3 นำไปให้ความร้อนบนเตา พร้อมทั้งกวนส่วนผสมอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันการไหม้ของส่วนผสมจนส่วนผสมเข้ากันดี

1.4 เมื่อส่วนผสมทั้งหมดมีอุณหภูมิสูงถึง 70 องศาเซลเซียส จึงใส่ไข่ไก่ลงไป พร้อมทั้งกวนอย่างรวดเร็วจนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงนำลงจากเตาทันทีเพื่อป้องกันการสุกของไข่ไก่

1.5 หลังจากนำลงจากเตาแล้ว จึงนำส่วนผสมไอศกรีมเหลวไปกรองผ่านตะแกรงหรือผ้าขาวบาง เพื่อกรองส่วนที่เป็นตะกอนออก

1.6 นำส่วนผสมไอศกรีมเหลว ไปลดอุณหภูมิลงในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1.7 หลังจากที่ส่วนผสมของไอศกรีมเหลวมีอุณหภูมิเย็นลงแล้วจึงนำออกมาจากตู้เย็น

ภาพที่ ข.1 ไอศกรีมก่อนปั่น และแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.2 ไอศกรีมขณะปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม

2. วิธีการวัดการขึ้นฟู (Overrun) ไอศกรีม

2.1 ชั่งน้ำหนักถ้วยที่ทดสอบ บันทึกน้ำหนักถ้วยทดสอบ

2.2 ตักส่วนผสมไอศกรีมเหลว ลงในถ้วยทดสอบจนเต็ม และปาดขอบถ้วย

2.3 บันทึกน้ำหนักไอศกรีมเหลว

2.4 จากนั้นจึงนำส่วนผสมของไอศกรีมเหลว ไปปั่นเป็นทั้งหมดเวลา 20 นาที

2.5 นำไอศกรีมที่ทำการปั่นเสร็จแล้ว ตักลงในถ้วยทดสอบใบเดิมที่ทราบน้ำหนักจนเต็ม และปาดขอบถ้วย จากนั้นบันทึกน้ำหนักของไอศกรีม

2.6 นำค่าที่ได้ ไปคำนวณหาค่าการขึ้นฟูได้จากสมการ

$$\text{ค่าการขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \left[\frac{(\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม})}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}}\right] \times 100$$

ทำการทดสอบซ้ำในข้อที่ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนสารเพิ่มความคงตัวจากกัวกัมที่เป็นส่วนผสมในไอศกรีม เป็น คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การทดสอบสารเพิ่มความคงตัว 3 ชนิดที่มีผลต่อการละลายของไอศกรีม

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 กรวยทดลอง

1.2 บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร

1.3 ตะแกรงลวด ขนาด 1x1 มิลลิเมตร

1.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

2. การทดสอบการละลายของไอศกรีม

การทดสอบการละลายของไอศกรีม ทำการทดสอบภายใต้อุณหภูมิห้องที่ 25±1 องศาเซลเซียส

2.1 บันทึกน้ำหนักบีกเกอร์

2.2 นำไอศกรีมที่ผ่านการปั่นและแช่แข็งแล้ว 50 กรัม วางบนตะแกรงลวด ขนาด 1x1 มิลลิเมตร ที่อยู่บนกรวยซึ่งรองรับด้วยบีกเกอร์

2.3 จากนั้นบันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายทุกๆ 10 นาที เป็นช่วงเวลาทั้งหมด 40 นาที

2.4 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาคำนวณในสมการ

$$\text{ค่าการละลาย (ร้อยละ)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น}}\right] \times 100$$

ภาพที่ ข.3 การศึกษาการละลายของไอศกรีม

ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนไอศกรีมที่ผสมสารเพิ่มความคงตัวต่างกันทั้ง 3 ชนิด กัวกัม คาราจีแนน และโลคัสบีนกัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส

ค.1 แบบทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : ไอศกรีมกาแฟเสริมสารสกัดขิง ผู้ทดสอบ..... วันที่.....

คำแนะนำกรุณาประเมินตามลำดับตัวอย่างที่นำเสนอพร้อมทั้งให้ระดับคะแนนความชอบและความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละลักษณะคุณภาพตามความรู้สึกของท่านและกรุณาทานแครกเกอร์ก่อนทดสอบตัวอย่างโดยกำหนดระดับคะแนนความชอบ

1 ไม่ชอบมากที่สุด 2 ไม่ชอบมาก 3 ไม่ชอบปานกลาง 4 ไม่ชอบเล็กน้อย 5 เฉยๆ

6 ชอบเล็กน้อย 7 ชอบปานกลาง 8 ชอบมาก 9 ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
	คะแนนความชอบ	คะแนนความชอบ	คะแนนความชอบ
สี			
กลิ่นขิง			
รสขม			
รสเผ็ด			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบทั้งหมด			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS v.16.0

ตารางที่ ง.1 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในสารสกัดขิงด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และ 80

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1392.601	1	1392.601	72.576	0.001
Within Groups	76.753	4	19.188		
Total	1469.354	5			

ตารางที่ ง.2 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดในสารสกัดขิงด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 และสารสกัดที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1936.371	2	968.186	63.183	0.000
Within Groups	91.942	6	15.324		
Total	2028.313	8			

ตารางที่ ง.3 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการขึ้นฟูของไอศกรีมที่ใช้คาราจีแนน กัวกัม และโลคัสบีนกัม เป็นสารเพิ่มความคงตัว

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.076	3	0.025	0.017	0.997
Within Groups	12.044	8	1.506		
Total	12.121	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของการละลายของไอศกรีมที่ใช้คาราจีแนน กัวกัม และโลคัสบีนกัม เป็นสารเพิ่มความคงตัว

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	650.971	3	216.990	21.88	0.000
Within Groups	79.338	8	9.917		
Total	730.308	11			

ตารางที่ ง.5 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านสีของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	34.679[a]	31	1.119	4.331	0.000
Intercept	3978.163	1	3978.163	1.540E4	0.000
Block	34.258	29	1.181	4.574	0.000
Trt	0.421	2	0.211	0.815	0.447
Error	14.981	58	0.258		
Total	4027.823	90			
Corrected Total	49.66	89			

a. R Squared = 0.698 (Adjusted R Squared = 0.537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.6 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านกลิ่นขิงของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	65.315[a]	31	2.107	4.216	0.000
Intercept	2992.669	1	2992.669	5.988E3	0.000
Block	47.182	29	1.627	3.255	0.000
Trt	18.133	2	9.067	18.142	0.000
Error	28.987	58	0.500		
Total	3086.972	90			
Corrected Total	94.302	89			

a. R Squared = 0.693 (Adjusted R Squared = 0.528)

ตารางที่ ง.7 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านรสชมของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	177.572[a]	31	5.728	6.947	0.000
Intercept	2668.104	1	2668.104	3.236E3	0.000
Block	57.149	29	10971	2.390	0.002
Trt	120.423	2	60.211	73.020	0.000
Error	47.826	58	0.825		
Total	2893.503	90			
Corrected Total	94.302	89			

a. R Squared = 0.788 (Adjusted R Squared = 0.674)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านความเผ็ดของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	82.047[a]	31	2.647	4.225	0.000
Intercept	2788.455	1	2788.455	4.452E3	0.000
Block	43.112	29	1.487	2.373	0.003
Trt	38.935	2	19.468	31.080	0.000
Error	36.33	58	0.626		
Total	2906.832	90			
Corrected Total	118.377	89			

a. R Squared = 0.693 (Adjusted R Squared = 0.529)

ตารางที่ ง.9 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	42.016[a]	31	1.355	3.849	0.000
Intercept	3733.397	1	3733.397	1.060E4	0.000
Block	39.498	29	1.362	3.876	0.000
Trt	2.519	2	1.259	3.576	0.034
Error	20.425	58	0.352		
Total	3795.838	90			
Corrected Total	62.442	89			

a. R Squared = 0.673 (Adjusted R Squared = 0.498)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนความชอบทั้งหมดของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกาแฟผสมขิงสกัดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.15 และ 0.25

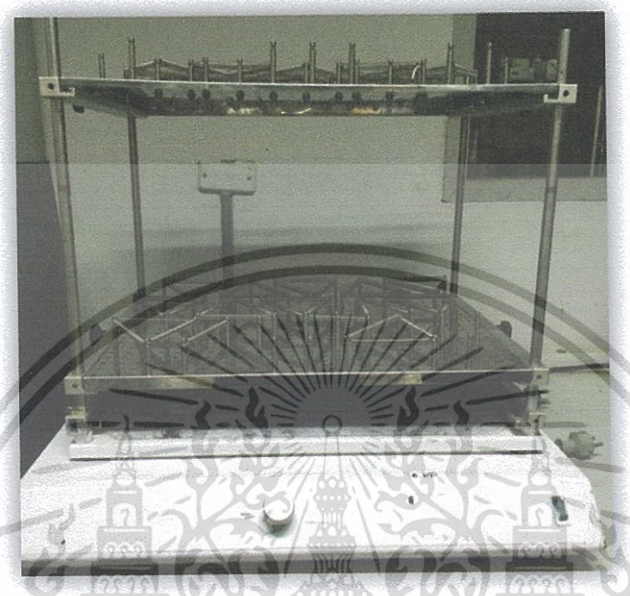
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	122.074[a]	31	3.938	6.692	0.000
Intercept	3344.997	1	3344.997	5.684E3	0.000
Block	51.678	29	1.782	3.028	0.000
Trt	70.396	2	35.198	59.812	0.000
Error	34.132	58	0.588		
Total	3501.203	90			
Corrected Total	156.206	89			

a. R Squared = 0.781 (Adjusted R Squared = 0.665)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

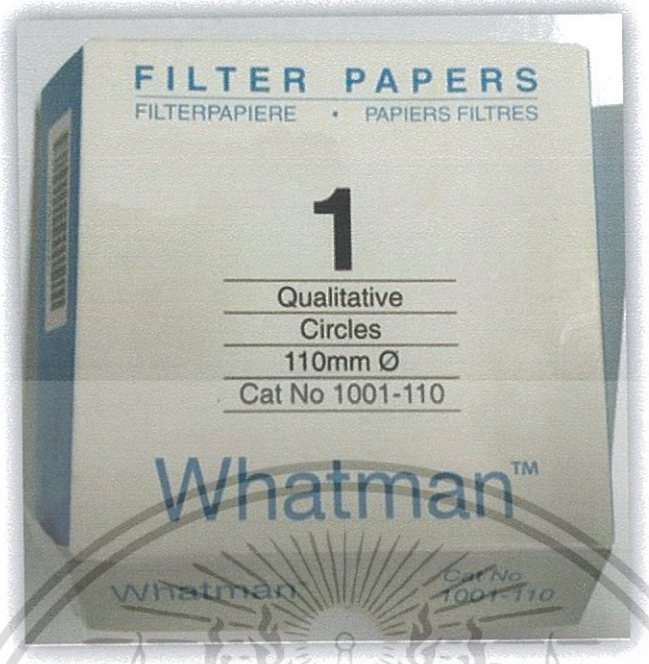
เครื่องมือ อุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้



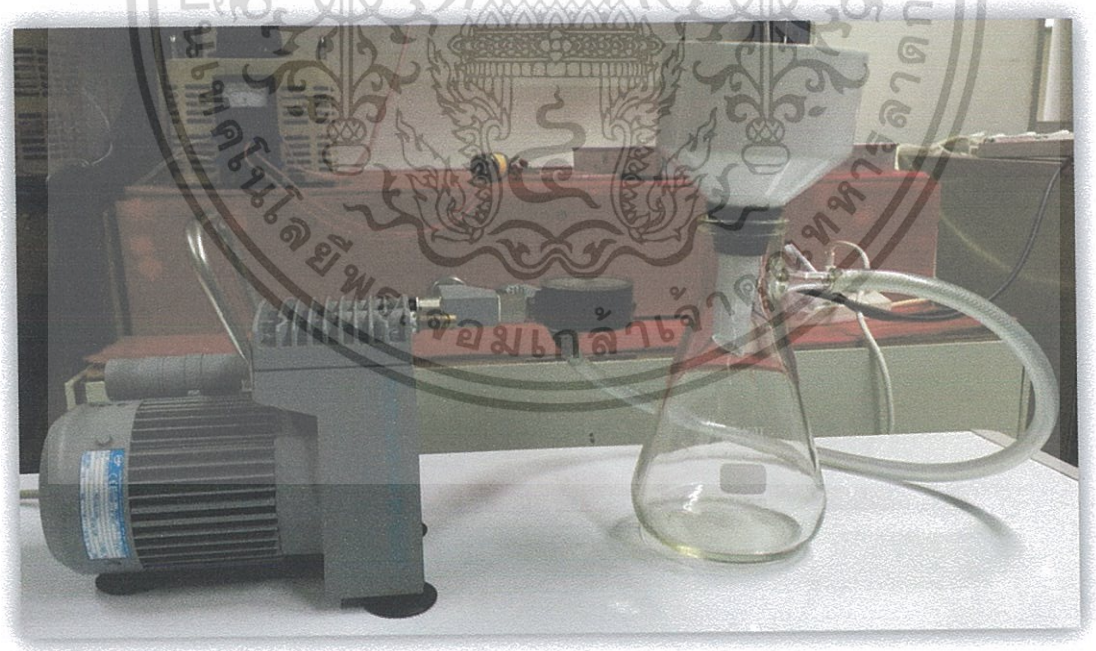
ภาพที่ จ.1 เครื่องเขย่า (Mechanical shaker)

ภาพที่ จ.2 เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (Centrifuge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

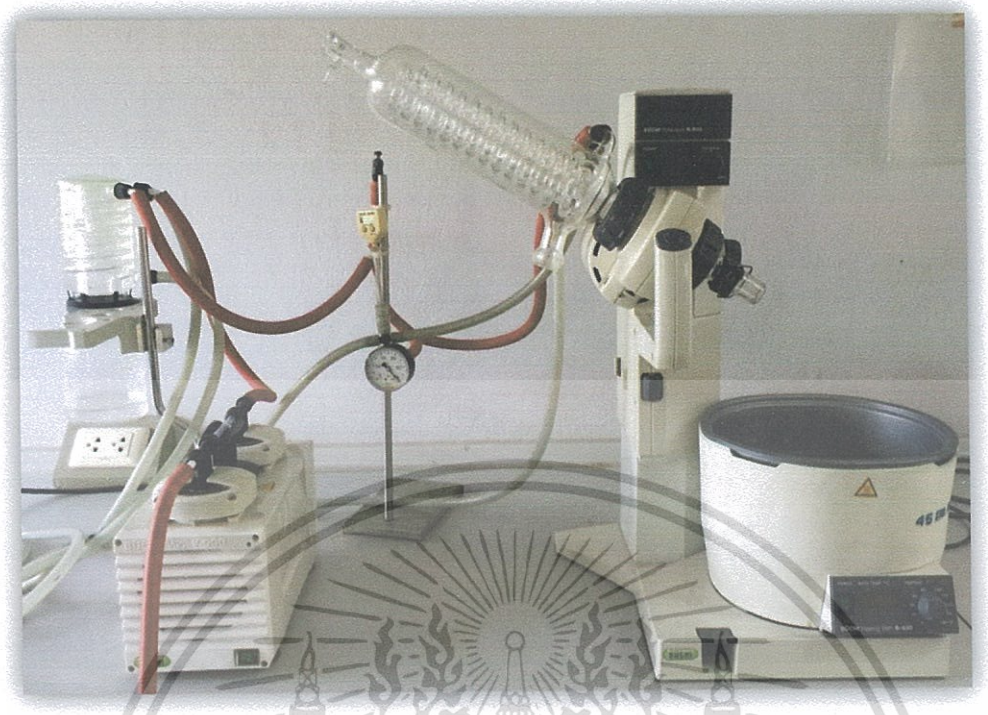


ภาพที่ จ.3 กระดาษกรอง Whatman no.1



ภาพที่ จ.4 ชุดเครื่องกรองสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ.5 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator)

ภาพที่ จ.6 เครื่อง UV-Vis spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ จ.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

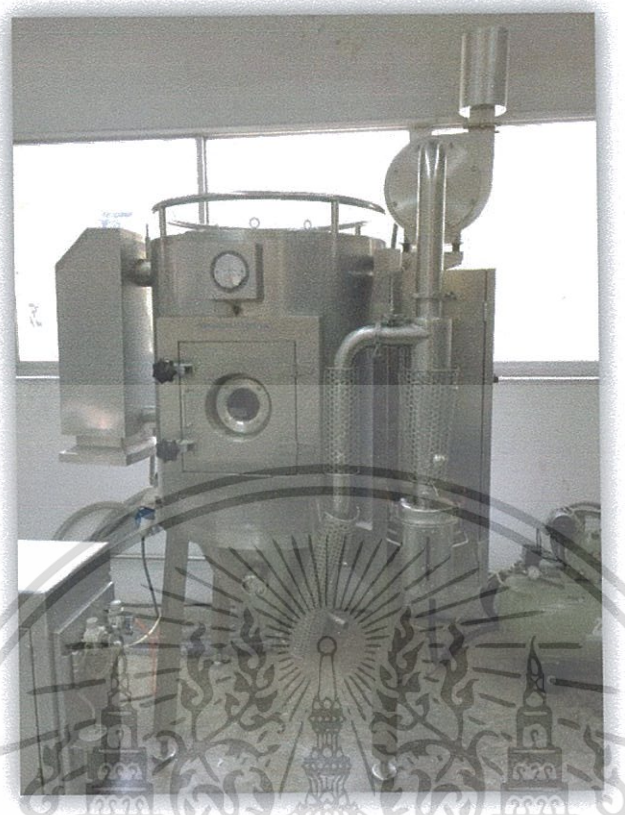
ภาพที่ จ.8 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ จ.9 เครื่องผสมสาร (Vortex mixer)

ภาพที่ จ.10 เครื่อง Homogenizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ.11 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

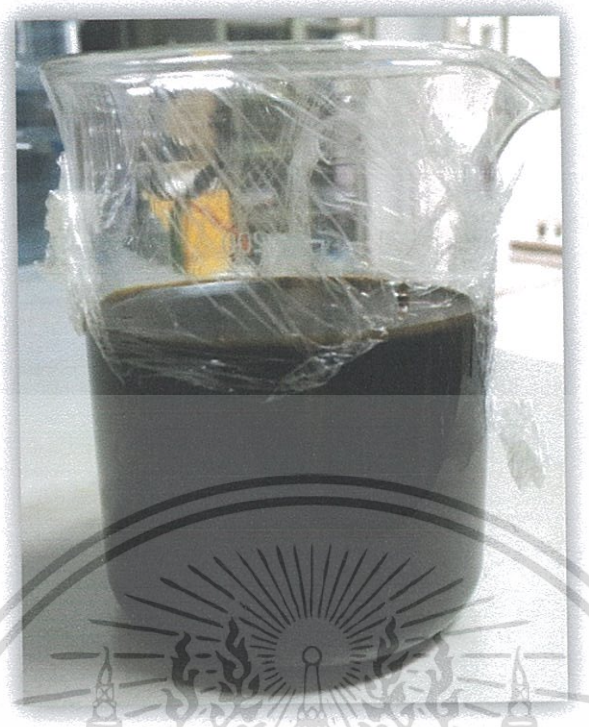
ภาพที่ จ.12 เครื่องทำไอศกรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ จ.13 ตู้เย็น

ภาพที่ จ.14 ตู้แช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ.15 สารสกัดจากขิง หรือน้ำมันขัน (Oleoresin)

ภาพที่ จ.16 ขิงสกัดผง หรือขิงที่ผ่านการ Encapsulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณผลการทดลอง

ฉ.1 การคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวอย่าง)

1. คำนวณจากสมการเส้นตรง $y = 0.0039x + 0.021$ ที่ได้จากกราฟมาตรฐาน (ภาพที่ ก.1)

สมมุติค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้ที่ระดับการเจือจาง 1 ต่อ 1000 คือ 0.482

จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงแทนลงใน y ของสมการเส้นตรง จะได้ $x = 118.205$ มิลลิกรัมต่อลิตร

เทียบบัญญัติไตรยางค์ ดังนี้

ใน 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด 118.205 มิลลิกรัม

ดังนั้น ใน 10 มิลลิลิตร จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด 1.182 มิลลิกรัม

2. คำนวณปริมาณสารสกัดที่ทำการเจือจางที่ระดับต่างๆ

2.1 ที่ระดับการเจือจาง 1 ต่อ 10

นำสารสกัด ปริมาณ 5.52 กรัม ละลายในตัวทำละลาย ปริมาตร 49.68 มิลลิลิตร

เทียบบัญญัติไตรยางค์ ดังนี้

สมมุติว่าในสารละลาย ปริมาตร 49.68 มิลลิลิตร มีปริมาณสารสกัด 5.52 กรัม

ดังนั้น ในสารละลาย ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จะมีปริมาณสารสกัด 0.11 กรัม

2.2 ที่ระดับการเจือจาง 1 ต่อ 100

ปิเปตสารละลายจากข้อ 2.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ละลายในตัวทำละลาย ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

เทียบบัญญัติไตรยางค์ ดังนี้

สมมุติว่าในสารละลาย ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีปริมาณสารสกัด 0.11 กรัม

ดังนั้น ในสารละลาย ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จะมีปริมาณสารสกัด 0.01 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ที่ระดับการเจือจาง 1 ต่อ 1000

ปิเปตสารละลายจากข้อ 2.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ละลายในตัวทำละลาย ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

ดังนั้น ที่ระดับการเจือจาง 1 ต่อ 1000 จะมีปริมาตรสารละลาย 10 มิลลิลิตร มีปริมาณสารสกัด 0.01 กรัม

จากข้อ 1 และข้อ 2 สามารถคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวอย่าง)

เทียบบัญญัติไตรยางค์ ดังนี้

ปริมาณสารสกัด 0.01 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด 1.182 มิลลิกรัม

ปริมาณสารสกัด 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด 118.20 มิลลิกรัม

ดังนั้น จะได้ว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมด 118.20 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด

ฉ.2 การคำนวณย้อนกลับเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดภายหลังการทำแห้งแบบพ่นฝอยกับสารสกัดที่ยังไม่ผ่านการทำแห้ง

1. สารสกัดจากขิงที่ยังไม่ผ่านการทำแห้ง

ในกรณีการสกัดขิงผงด้วยสารละลายเอทานอล โดยใช้ขิงผง ปริมาณ 75 กรัม พบว่าได้สารสกัดปริมาณ 5.17 กรัม

เทียบบัญญัติไตรยางค์ ดังนี้

เมื่อใช้ปริมาณขิงผง 75 กรัม จะได้ปริมาณสารสกัดจากขิงประมาณ 5.17 กรัม

ดังนั้น ถ้ามีปริมาณขิงผง 100 กรัม จะมีปริมาณสารสกัดจากขิง 6.89 กรัม หรือ ร้อยละ 6.89

2. สารสกัดจากขิงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

สัดส่วนของสารผสมที่นำไปใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ประกอบด้วย สารสกัดจากขิง 9.5 กรัม มอลโตเด็กซ์ตริน 25 กรัม และน้ำกลั่น 475 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบบัญญัติไตรยางค์ ดังนี้

สารผสมมีปริมาณสัดส่วนที่เป็นของแข็ง 34.5 กรัม มีปริมาณสารสกัดจากขิง 9.5 กรัม

ดังนั้น ถ้าสารผสมมีปริมาณสัดส่วนที่เป็นของแข็ง 100 กรัม จะมีปริมาณสารสกัดจากขิง 27.54 กรัม หรือ ร้อยละ 27.54

จากข้อ 1 และข้อ 2 สามารถคำนวณย้อนกลับเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอร์ลิกทั้งหมดของสารสกัดภายหลังการทำแห้งแบบพ่นฝอยกับสารสกัดที่ยังไม่ผ่านการทำแห้งเพื่อให้ได้ปริมาณสารสกัดจากขิงเริ่มต้นที่นำไปวิเคราะห์ในปริมาณที่เท่ากัน

เทียบบัญญัติไตรยางค์ ดังนี้

ปริมาณสารสกัดจากขิง 27.54 กรัม ได้มาจากสารสกัดขิงที่ผ่านการทำแห้งปริมาณ 100 กรัม

ปริมาณสารสกัดจากขิง 6.89 กรัม จะต้องใช้สารสกัดขิงที่ผ่านการทำแห้งปริมาณ 25.02 กรัม

ดังนั้น เพื่อให้ได้ปริมาณสารสกัดจากขิงเริ่มต้นที่เท่ากัน จะต้องใช้สารสกัดขิงที่ผ่านการทำแห้งปริมาณ 25.02 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล ณัฐดนัย ปทุมานนท์

วัน เดือน ปี เกิด 30 มีนาคม พ.ศ. 2537

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2549-2554 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ

ปีการศึกษา 2555-2558 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

ประสบการณ์การทำงาน ผ่านการฝึกงานที่บริษัท โอสถสภา จำกัด

ชื่อ-นามสกุล ธนาภรณ์ โพธิ์พิทักษ์กุล

วัน เดือน ปี เกิด 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2537

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2549-2554 โรงเรียนสายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ

ปีการศึกษา 2555-2558 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

ประสบการณ์การทำงาน ผ่านการฝึกงานที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

ชื่อ-นามสกุล นันทนา โกรัตนะ

วัน เดือน ปี เกิด 6 สิงหาคม พ.ศ. 2536

ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2549-2554 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล

ปีการศึกษา 2555-2558 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

ประสบการณ์การทำงาน ผ่านการฝึกงานที่โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	ศุภวัทน์ เอี่ยมสอาด
วัน เดือน ปี เกิด	23 กันยายน พ.ศ. 2537
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2549-2554 โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ
	ปีการศึกษา 2555-2558 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
ประสบการณ์การทำงาน	ผ่านการฝึกงานที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้